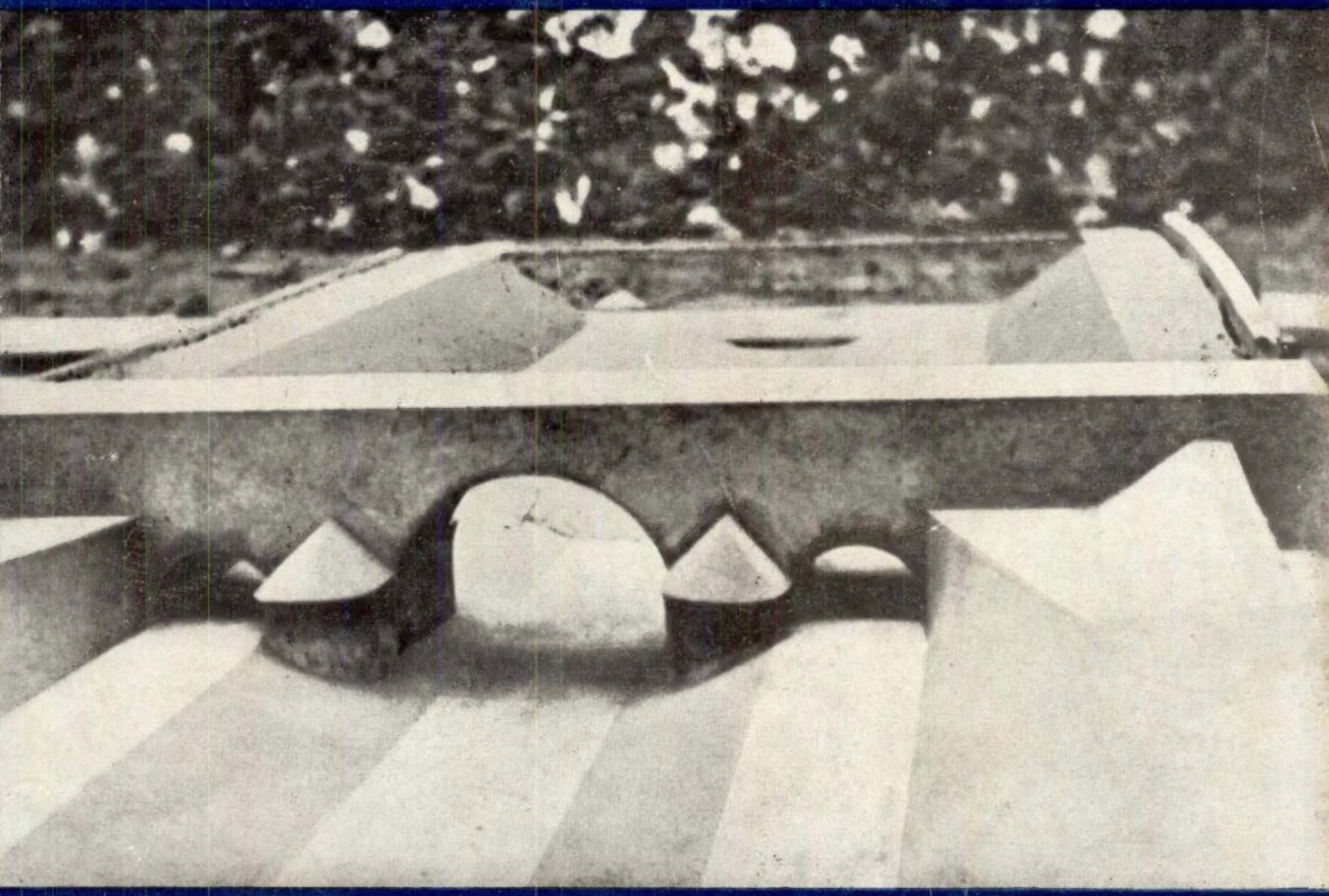
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 159-Novembro-1945

"SOLCRIS"

Proporciona comodidade e as... sombra

Barbosa & Carvalho, L.da

R. José Falcão, 61 - Tel. 5150 - Pôrto

Agente em Lisboa:

A. BEJA

TELEFONE 44444

União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

SEDE

Rua Duque de Loulé, 240 – Pôrto
Telef. 2828–2829–2830 – Est. 90

DELEGAÇÃO

R. António Maria Cardoso, 13, 2.º Lisboa
Telefones 27232 – 27233 Est. 365

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU LEIRIA e de SETÚBAL, pela mais extensa rêde de alta-tensão em Portugal (mais de 1.200 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LUGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a sua energia é **proveitoso negócio**

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de tôdas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
159
Novembro — 1945

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
ANTÓNIO BUSTORFF
ADMINISTRADOR
FERNANDO MANZANARES ABECASIS
BIBLIOTECÁRIO
FERNANDO JÁCOME DE CASTRO
CORPO REDACTORIAL
João Barata Galvão
Henrique Marques Pereira
Eduardo Cansado de Carvalho
José Pais Gromicho
Alfredo Nobre da Costa

NÚMERO AVULSO 7$50
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	21$00	40$00	75$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	45$00	80$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — D. G. S. H. — Modêlo, na escala 1 : 20, da ponte sôbre o rio Coina, para estudo das condições de escoamento sob a mesma.

		Págs.
Estatística das Instalações Eléctricas em Portugal	Eng.º António Metello de Nápoles	571
A estratificação das partículas minerais nas mesas oscilantes de preparação de minérios	Eng.º Alberto Cerveira	589
Uma aplicação dum tipo especial de pórtico simples	Eng.os Edgar Cardoso	595
A teoria da semelhança e a sua aplicação aos ensaios com modelos reduzidos	Fernando Manzanares Abecasis	610
Do Mundo Técnico		618
Notas bibliográficas		622
Bibliografia		623
Publicações recebidas		623

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

PETBOY LIMITED

MANUFACTURERS OF ELECTRIC WELDING PLANT AND ELECTRODES

TODO O MATERIAL PARA SOLDADURA ELÉCTRICA E OXI-ACETILÉNICA

Exclusivo para Portugal

H. M. F. HATERLY, L.DA

Rua do Comércio, n.º 8

Telefones: 26633-22001

Entregas imediatas em Inglaterra

Geradores • Transformadores • Electrodos • Arames • Metais d'adição

APROVED BY: LLOYDS REGISTER OF SHIPPING, BOARD OF TRADE, BRITISH CORPORATION OF SHIPPING AND AIRCRAFT ON APPROVED LISTS: THE ADMIRALTY, WAS OFFICE, INDIAN STORES' BRITISH AND FOREIGN RAILWAYS, CROWN AGENTS POR THE COLONIES, ETC.

TÉCNICA

ANTÓNIO BUSTORFF
DIRECTOR

ANO XXI - N.º 159 NOVEMBRO 1945

Estatística das Instalações Eléctricas em Portugal

RELATÓRIO

PELO ENG.º ELÉCT. (I. S. T.) ANTÓNIO METELLO DE NÁPOLES
Director Geral dos Serviços Eléctricos

Julgou a direcção da «Técnica» ser de interêsse para os nossos leitores a inserção na revista do presente Relatório Estatístico das Instalações Eléctricas em Portugal, pelo que nêle se traduz de esfôrço dispendido para conseguir o completo abastecimento do País de centrais hidro-eléctricas, que permitirão a nossa autonomia económica no aspecto electrotécnico, além da melhoria sensível de condições de fornecimento de electricidade, quer na quantidade, quer no preço.

Com certo atraso involuntário e independente da vontade dos Serviços, se publica o XVI volume da *Estatística das Instalações Eléctricas em Portugal,* relativo ao ano de 1943. Todos os factos nêle registados e tôda a actividade eléctrica nacional a que êle se refere decorreram sob a orientação da Junta de Electrificação Nacional, pouco depois extinta pelo decreto-lei n.º 33:546, de 23 de Fevereiro de 1944.

Criada, em sua substituïção, no Ministério da Economia, a Direcção Geral dos Serviços Eléctricos, é ao Director Geral, interino, que cabe a obrigação de apresentar a público o novo volume da Estatística, que não é nem pretende ser mais do que o seguimento dos anteriores, inspirado no único desejo de assegurar a continuïdade duma publicação indispensável ao estudo de todos os problemas relacionados com a electricidade nacional.

Três causas de enleio dominam o espírito de quem escreve estas linhas e recomendam prudência e concisão na exposição que vai seguir-se: a alta categoria dos relatórios anteriores, no tríplice aspecto técnico, económico e literário, cujo estilo e cuja essência me não proponho imitar; a situação transitória que deriva da interinidade do cargo de Director Geral dos Serviços Eléctricos, que não aconselha a exposição de planos cuja continuïdade não está garantida; por último, a circunstância de estar relatando factos ocorridos antes da criação da Direcção Geral dos Serviços Eléctricos e cuja superior orientação coube ao Presidente da Junta de Electrificação Nacional, de quem o signatário teve a honra de ser modesto colaborador.

Os leitores habituais do Relatório da Estatística — que são numerosos no meio técnico — compreenderão sem esfôrço a primeira causa de enleio e isso os ajudará a desculpar as suas conseqüências; as outras duas causas explicam a razão por que êste Relatório se confina nos limites duma exposição e interpretação de factos e números relativos ao ano a que se refere, evitando-se, dum modo geral, alusões ao futuro, mesmo àquele futuro que já é passado no momento em que estas linhas são redigidas.

Potência instalada — O facto de maior relêvo registado no decorrer do ano de 1943 foi sem dúvida a entrada em serviço da central de Santa Luzia, da Companhia Eléctrica das Beiras. Sòmente em Agôsto, e apenas com um grupo de 6400 kW, foi possível iniciar a sua exploração, vencendo, à custa dum esfôrço digno de menção e de louvor, as dificuldades de tôda a ordem resultantes da situação internacional. O segundo grupo, de igual potência, veio a entrar em serviço no mês de Outubro, infelizmente quando, passada a agudeza da estiagem, já não podiam ser integralmente aproveitados os inestimáveis serviços que, pelas suas características de apoio estival, esta central é susceptível de prestar ao país.

Dotado duma albufeira de capacidade superior a 40 milhões de metros cúbicos, a qual, apesar da sua modéstia em relação a outros empreendimentos que se projectam, ficou sendo (esperemos que por pouco tempo!) a maior albufeira portuguesa, êste aproveitamento hidro-eléctrico apresenta, a par duma concepção original, características que muito o valorizariam em qualquer época e que o tornaram precioso no período que estamos atravessando, em face das dificuldades de abastecimento de carvão para as nossas centrais térmicas de apoio estival.

Durante os meses de Agôsto e Setembro a central funcionou, pode dizer-se, permanentemente a plena carga, com uma utilização diária média de quási 24 horas. Pena foi que a limitação de potência, imposta pela circunstância de se dispor, durante êsse período, de um único grupo, não tivesse permitido, apesar daquele regime de trabalho, aproveitar toda a reserva de água que se conseguira acumular na albufeira; com ela se teriam economizado mais alguns milhares de toneladas de carvão e se teria valorizado ao máximo o excelente auxílio prestado às redes do Norte na já aguda estiagem de 1943, que não foi mais, todavia, do que o prenúncio de outras bem mais intensas. A entrada em serviço do segundo grupo foi já demasiado tardia para se alcançar êsse objectivo.

A central de Santa Luzia contribuíu assim em larga proporção para o aumento total da potência instalada, que passou de 282.574 para 296.897 kW. Não tendo havido, na potência hidro-eléctrica, outras variações dignas de menção, o aumento restante coube às centrais térmicas e foi a resultante de várias ampliações e desmontagens, tendo predomínio naquelas as centrais de serviço particular (especialmente as mineiras) e dizendo estas últimas respeito quási exclusivamente a centrais de serviço público. Entre estas interessa destacar, não pela sua importância mas pelo seu significado, a desmontagem das centrais municipais de Évora, Borba, Monforte, Montijo e Tôrres Vedras, cujas distribuïções passaram a ser alimentadas pelas rêdes públicas de alta tensão.

O número total de centrais e a potência média de cada uma, que se mantinham pràticamente constantes desde 1938, subiram de novo, sensívelmente, de 1942 para 1943. O aumento do número de centrais, que passou de 657 para 674, deve atribuir-se, dum modo geral, a causas de natureza transitória, entre as quais avulta o grande incremento da actividade mineira, conseqüência imediata da guerra mundial; não pode por isso ser olhado, nas circunstâncias presentes, como um índice desfavorável, tanto mais que a concentração da produção tem feito nos últimos anos alguns progressos, certamente lentos mas inegáveis e maiores teriam sido se a falta de materiais não tivesse dificultado em muitos casos a construção de linhas e se os nossos principais sistemas produtores hidro-eléctricos não estivessem, como estão, à beira da saturação e, portanto, por vezes um pouco desinteressados da conquista de novos mer-

cados de reduzido valor. Êste aumento de 17 centrais não impediu que o valor médio da potência instalada subisse de 430 para 441 kW; deve-se êste pequeno benefício, como é evidente, à central de Santa Luzia que, embora incompleta no seu equipamento previsto, alcançou desde logo o quinto lugar na escala decrescente das nossas maiores centrais, imediatamente abaixo da central de Santos, da Companhia Carris de Ferro de Lisboa. E se desta comparação excluirmos as térmicas, verificaremos, por ventura com surprêsa, que os modestos 12.800 kW montados na primeira fase de Santa Luzia foram suficientes para a classificar como a segunda central hidro-eléctrica portuguesa, pois excedeu já a potência da central do Chocalho, que até agora detinha tal posição.

Talvez seja de mau gôsto frisar tanto esta mediocridade; mas o conhecimento completo do mal é indispensável para a sua terapêutica e pode por isso ter utilidade, ainda que seja doloroso.

Na potência total de 297 MW entram as centrais hidráulicas com 99 MW, ou seja precisamente um terço. Esta proporção, que ficara no ano anterior em 30,5 por cento, acusa uma melhoria que é um novo aspecto do benefício que em 1943 o País ficou devendo à Companhia Eléctrica das Beiras. Na Estatística de 1938 se assinala que esta percentagem, cujo valor era então de 28 por cento, subira apenas 3 unidades nos dez anos anteriores. Houve, como se vê, progresso mais acentuado nos cinco anos seguintes, mas não pode deixar de observar-se que, num país como o nosso, a percentagem continuará a ter ainda um valor demasiado baixo se duplicar o seu valor actual.

Produção — Conforme se acentuou no ano anterior, a produção de energia eléctrica sofreu, pela primeira vez, em 1942, uma redução, devida essencialmente às dificuldades trazidas pela guerra ao abastecimento de combustíveis estrangeiros. Essa redução, que atingiu 40 milhões de kWh na produção térmica, parcialmente compensados por um aumento superior a 25 milhões na produção hidráulica, não se acentuou, felizmente, em 1943, verificando-se neste ano um aumento global de 12 milhões, que quási restabeleceu o nível da produção de 1941, ficando-lhe, no entanto, ainda ligeiramente inferior. É patente, porém, a insignificância dêste acréscimo, que é o menor, em valor absoluto, registado desde 1931 e, em valor relativo, o mínimo acusado pela Estatística, desde que se iniciou a sua publicação. Isto mostra que se mantiveram em 1943 as causas da quebra de produção notada no ano anterior, sem as quais teríamos já ultrapassado há muito a produção de 500 milhões, mesmo sem intensificação do ritmo normal de crescimento dos anos anteriores à guerra.

Dos 477,3 milhões de kWh produzidos em 1943, couberam 204,9 às centrais hidráulicas e 272,4 às térmicas. A produção hidráulica, que atingira um máximo no ano anterior, desceu cêrca de 12 milhões e muito mais desceria, voltando talvez ao nível de 1941, se não fôra a oportuna entrada em serviço da central de Santa Luzia. Por êste motivo, não obstante as dificuldades de abastecimento de combustíveis a que já se aludiu, teve de pedir-se às centrais térmicas de apoio maior esfôrço de produção, ao qual elas corresponderam com alguma dificuldade, à custa de avarias de caldeiras cujas causas devem filiar-se na má qualidade dos carvões queimados e também em certas deficiências de conservação motivadas pela carência de materiais.

A percentagem de produção hidráulica desceu assim do valor máximo de 46,6, atingido em 1942, para 42,9, valor êste ainda superior, no entanto, ao maior que fôra registado anteriormente (40,9 em 1939).

Dos nossos principais sistemas produtores, foi, como é natural, a Companhia Eléctrica das Beiras aquele cujo incremento mais se destacou; passando sùbitamente de 1 milhão para 13,8 milhões de kWh, o seu acréscimo foi, só por si, maior do que o aumento global.

As Companhias Reünidas subiram 4,5 milhões, recuperando a quebra sofrida no ano anterior e fixando-se em perto de 124 milhões de kWh.

A Electra del Lima produziu apenas 67,9 milhões, acusando uma baixa de 21,5 milhões em relação ao ano anterior; esta baixa, se foi influenciada em parte por um pior ano hidráulico, foi todavia devida essencialmente à necessidade de paralisar a central do Lindoso, durante perto de dois meses, para realizar as obras de aumento da secção de vazão do canal. Estes trabalhos, que não ficaram concluídos, têm por fim elevar o caudal utilizável de 20 para 25 m /s e estão relacionados com a projectada ampliação da central.

Foi sobretudo para compensar esta baixa de produção do Lindoso que houve necessidade de forçar a produção das térmicas de apoio (como já se acentuou) e de utilizar ao máximo as possibilidades de Santa Luzia. Assim, a União Eléctrica Portuguesa elevou a sua produção térmica da central do Freixo de 5,5 para 16,3 milhões e adquiriu a outros produtores (Companhia Eléctrica das Beiras e Carris de Ferro do Pôrto) cêrca de 16 milhões de kWh.

A Companhia Hidro-Eléctrica do Norte de Portugal (CHENOP), que figura pela primeira vez nesta Estatística, em substituïção das antigas Companhia Hidro-Eléctrica do Varosa e Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, de cuja fusão resultou, viu subir a sua produção total de 50,3 para 55,8 milhões de kWh; mas esta subida foi obtida exclusivamente à custa da térmica de Caniços, visto que as centrais hidráulicas, prejudicadas por uma estiagem mais intensa, apenas puderam manter a sua produção em volta dos 43 milhões, já atingidos e ultrapassados no ano anterior.

Tanto a Serra da Estrêla como a Hidro-Eléctrica Alto Alentejo mantiveram as suas posições, acusando ligeiros decréscimos que não chegaram a afectar a casa dos milhões. Todavia, se, quanto à primeira, isso significa certa estabilidade dos consumos, o mesmo não pode dizer-se quanto à segunda que lutou já, no último trimestre, com gravíssimas dificuldades no abastecimento do seu mercado, mais agravadas ainda no ano seguinte. Pelo que respeita ao ano de 1943, essas dificuldades, fundamentalmente devidas à falta de chuvas (particularmente escassas na bacia hidrográfica da ribeira de Niza), foram agravadas por deficiência da produção da central do Lena, que devia constituir o natural apoio estival do sistema do Alto Alentejo, mas que, neste ano, por causas que não estão completamente justificadas, reduziu êsse apoio de 2,5 para 1,5 milhões de kWh e a sua produção total de 4,5 para 3,3 milhões.

Dos restantes produtores térmicos de serviço público, interessa registar um acréscimo de 4,4 milhões da Companhia Carris de Ferro do Pôrto, devido, como já se fêz notar, à necessidade de reforçar o apoio estival à rêde da União Eléctrica Portuguesa; êste acréscimo contraria a tendência marcada nos últimos dois anos na produção de Massarelos, a qual claramente terá de oscilar ao sabor da maior ou menor necessidade de apoio térmico na estiagem, em conseqüência do contrato de troca de energia feito há anos entre as duas emprêsas com o objectivo de economizar carvão.

Igual tendência se observa na Carris de Lisboa, que desde 1942 passou a receber energia das Companhias Reünidas (tratando-se, porém, aqui, dum contrato de fornecimento unilateral) e cuja produção baixou, por êsse motivo, mais 1 milhão de kWh, em relação ao valor já reduzido do ano anterior.

Finalmente, a central da Cachofarra, da União Eléctrica Portuguesa, continuando na sua curva ascensional verdadeiramente notável, apesar das restrições de consumo e das dificuldades de combustíveis, atingiu quási 25,5 milhões de kWh, acusando uma melhoria de 10 por cento sôbre a produção de 1942.

A produção térmica de serviço particular baixou no seu conjunto 1,7 milhões de kWh; houve, porém, alguns produtores que registaram aumentos sensíveis, dos quais o mais importante foi o da Emprêsa de Cimentos de Leiria (1,3 milhões), que assim se viu forçada a suprir a deficiência de produção da Hidro-Eléctrica Alto Alentejo, seu fornecedor habitual. Daqui se pode inferir com exactidão que a baixa da produção particular teria sido maior se as rêdes de serviço público estivessem aptas a satisfazer

integralmente tôdas as necessidades do consumo. Infelizmente não sucedeu assim, tendo surgido, com a estiagem de 1943, uma situação que tende a agravar-se e que é, por todos os motivos, alarmante e inquietadora.

***

A necessidade de promover o máximo aproveitamento dos recursos nacionais e das possibilidades de produção hidro-eléctrica, para fazer face às exigências crescentes do consumo, levou a constituir no Pôrto a Comissão de Interligação das Centrais do Norte, à qual se atribuíram, durante o período de estiagem, funções coordenadoras da marcha das centrais interligadas e de comando não só das trocas de energia entre as diferentes emprêsas, mas também dos horários dos consumos e sua adaptação às disponibilidades de potência, tudo no objectivo de assegurar quanto possível uma boa e equitativa distribuïção da energia eléctrica, uma justa repartição dos sacrifícios inevitáveis e a maior economia dos combustíveis que nos escasseiam

Com ela se pretendeu fazer um ensaio de centralização do comando das centrais, tendente a harmonizar, com os olhos postos no bem comum, os interêsses por vezes ligeiramente divergentes de cada concessionário; cabe aqui observar que essa divergência de interêsses é quási sempre mais aparente do que real; e, em qualquer hipótese, é certo que o interêsse colectivo tem de sobrepor-se aos interêsses particulares, ainda que tais divergências existam de facto, num ou noutro caso.

No ano de 1943 o trabalho da Comissão, árduo talvez, em conseqüência de ser uma inovação o seu funcionamento, foi em todo o caso simplificado por um conjunto de circunstâncias favoráveis que não fizeram surgir graves divergências de interêsses e por isso mesmo êle não foi, na realidade, mais do que um ensaio; mas os resultados colhidos foram animadores e suficientes para demonstrar a necessidade de prosseguir nesta orientação e de tentar aperfeiçoá-la e também ampliá-la cada vez mais.

No desempenho da missão que lhe compete, luta a Comissão com dificuldades várias: umas de ordem técnica, por vezes tão graves que chegam a ser insuperáveis, mas que, por serem susceptíveis de calma análise, à luz positiva dum raciocínio matemático, são de tôdas as menos preocupantes; outras de ordem administrativa ou financeira, mais complexas, por vezes, embora sejam ou devessem ser, no fundo, mais simples de resolver; outras, finalmente, de natureza psicológica — e são estas, sem dúvida, as mais difíceis e as mais desconcertantes, pela falta de colaboração a que dão origem.

Tôdas têm, porém, de ser resolvidas dentro de maior ou menor prazo: sob os auspícios dum perfeito entendimento e duma franca colaboração, se fôr possível, como se espera e se deseja; sob o signo da autoridade superior do Estado, se aquele meio se revelar ineficaz.

***

Na evolução do consumo de combustíveis mantém-se a tendência acusada pela Estatística do ano anterior no sentido de aumentar a participação dos combustíveis nacionais, em detrimento dos importados; esta tendência não é, porém, motivo de satisfação nem representa um índice favorável para a nossa economia, porque é conseqüência exclusiva das dificuldades do comércio internacional. Para mais, o incremento verifica-se sobretudo nas lenhas e resíduos vegetais, cujo consumo passou do seu valor normal de 30 a 35 mil toneladas, no período anterior à guerra, para 97 mil em 1942 e 163.300 em 1943.

Os carvões nacionais contribuíram com 144 mil toneladas, valor máximo registado até hoje, pois excede em 2 000 toneladas o consumo de 1941 e em mais de 13.000 o de 1942, continuando, não obstante, a sofrer a limitação forçada que lhe é imposta pela capacidade de extracção das minas. O aumento foi obtido essencialmente à custa do carvão de S. Pedro da Cova, o que se explica, além de outras razões, pelo maior esfôrço de

produção que houve necessidade de exigir às centrais térmicas de Massarelos, Freixo e Caniços e a que já se fêz referência. É de registar também o auxílio prestado pelos carvões de Rio Maior, de que foram queimadas perto de 3.000 toneladas na central da Cachofarra.

Em contrapartida, o consumo de carvão estrangeiro desceu de novo, de 122 para 113 milhares de toneladas; e o de combustíveis líquidos, já reduzido a pouco mais de um quarto do seu valor antigo, acusou nova quebra de 4,4 %, ficando em 3.500 toneladas.

Em conseqüência da evolução descrita, subiu ligeiramente, dentro da produção térmica, a proporção atribuível aos combustíveis nacionais; mas tão fraca é a sua qualidade e tão impróprias algumas instalações improvisadas para os queimar, que essa ligeira subida não chega para compensar, na produção total, a quebra sofrida pela energia hidro-eléctrica. Dêste modo, a percentagem de energia obtida à custa de recursos nacionais, que em 1942 se calculou em 70,8, baixou para 69,7. Estamos longe dos 44,6 calculados em 1938, mas é precária e ilusória esta vantagem, que não foi conquistada pelos nossos méritos, mas imposta, à custa de dificuldades e privações, como recurso extremo, pelas perturbações do Mundo.

***

O aproveitamento de Santa Luzia fêz subir bruscamente a capacidade total das nossas albufeiras de regularização, que passou a ser da ordem de 100 milhões de metros cúbicos, correspondendo a uma produção de cêrca de 60 milhões de kWh. Daí resultará necessàriamente certa melhoria nas características da nossa produção hidro-eléctrica, que se há-de manifestar sobretudo nos anos seguintes, já que a albufeira de Santa Luzia, que aliás não estava cheia nem chegou a esvaziar-se, só pôde ser aproveitada a partir do meado de Agôsto. Mesmo assim, é certo que, na produção das centrais hidro-eléctricas de serviço público, a percentagem de energia obtida à custa das albufeiras subiu de 11,2 para 14,9, o que representa sem dúvida um índice favorável.

Colhe uma impressão de nítido e incontestável progresso quem comparar os 100 milhões de metros cúbicos de água armazenável actualmente com os 10 milhões ou com os 30 milhões que representavam a capacidade útil das albufeiras existentes, respectivamente, em 1927 e em 1937; mas o optimismo dêste confronto tem de ser temperado pela consideração de que a albufeira prevista para a central de Castelo de Bode e destinada a regularizar parcialmente o caudal do Zêzere (aliás, um pouco mais pequena ainda do que a existente no Esla, em Espanha, que alimenta a central de Ricobayo), deverá ter, por si só, uma capacidade útil de cêrca de 900 milhões de metros cúbicos. Dum modo geral, pode dizer-se que é desta ordem, em relação ao que temos, a proporção das obras de que o País carece.

Consumo — Foi de 397,5 milhões de kWh o consumo de energia eléctrica em 1943, correspondendo a 55,4 kWh por habitante.

Assim, aos 12 milhões de aumento da produção correspondeu apenas, no consumo, um acréscimo de 9,6; a diferença não é, porém, atribuível a aumento de perdas, mas sim a maior consumo próprio das centrais produtoras, certamente devido à maior intensidade de trabalho das térmicas. Em relação a 1941, o consumo mantém ainda uma quebra superior a 7 milhões.

Verificaram-se os aumentos mais sensíveis (da ordem de 6 por cento) na fôrça motriz e nos usos domésticos; a tracção e a electroquímica mantiveram as suas posições, com acréscimos insignificantes e a iluminação pública acusa uma baixa de 13,4 por cento em relação a 1942 e de 39,3 por cento em relação a 1941. Esta baixa é a conseqüência evidente das restrições de consumo ordenadas pela portaria n.º 10:048, de 20 de Março de 1942, que tiveram em 1943 o seu primeiro ano completo de aplicação nas rêdes alimentadas pelas centrais Tejo e Cachofarra e que pela primeira vez foram mandadas aplicar (sòmente quanto à iluminação pública e apenas durante o período de mais aguda estiagem) nas rêdes do Norte.

Por idêntica razão se poderia esperar que o mesmo sucedesse aos consumos de iluminação particular e usos domésticos. E assim foi, de facto, nas rêdes servidas pelas Companhias Reünidas, onde êsses consumos desceram quási um milhão de kWh, a somar a perto de 8 milhões de quebra registada no ano anterior, totalizando mais de 30 por cento de redução em referência a 1941; e mais teriam descido se não houvesse notável incremento do número de consumidores e muito melhor adaptação, por parte dêstes, aos contingentes de consumo autorizados. Esta nova redução de consumo diluíu-se, porém, no aumento geral verificado em quási todo o país e especialmente no Pôrto, onde a brilhante acção dos Serviços Municipalizados Gás e Electricidade e a aplicação do sistema de tarifas estudado e proposto pela Junta de Electrificação Nacional provocaram um acréscimo notável, de que adiante se falará mais desenvolvidamente. Apesar disso, o consumo de iluminação particular e usos domésticos em todo o país ficou ainda inferior ao de 1941 em 7,5 por cento.

Ao acréscimo registado no consumo de fôrça motriz há que deduzir, para se fazer uma comparação mais rigorosa, a diminuïção verificada no consumo da energia produzida pelas centrais de serviço particular. Feita esta dedução, conclui-se que o aumento real foi apenas de 6,6 milhões de kWh (menos de 3 por cento), o que não é brilhante. Destacam-se, em valor absoluto e em valor relativo, os aumentos de consumo na elevação de águas (39,4 por cento) e nas indústrias mineiras (28 por cento), ambos superiores a 5 milhões de kWh. Em compensação sofreram quebras de 9,9 por cento as indústrias têxteis, que mantêm, contudo, a grande distância, o primeiro lugar, e de 15,5 por cento as da cortiça. As restantes classes de indústrias mantiveram as suas posições ou tiveram acréscimos de pequeno vulto.

As oscilações apontadas nas diferentes categorias de consumo não influíram de maneira sensível nas suas percentagens do consumo total. Não obstante, a fôrça motriz, cuja posição apresenta desde o início tendência constante para melhorar, subiu mais um ponto, alcançando a percentagem de 58,2. Desceram ligeiramente as percentagens da iluminação e da tracção eléctrica, mantendo-se constante a da electroquímica.

O número de consumidores de energia eléctrica ligados às rêdes de baixa tensão tem crescido satisfatòriamente nos últimos dois anos. Atingiu 391.484 em 31 de Dezembro de 1943, com um aumento de 4,95 por cento sôbre o ano anterior e de 11,7 por cento em relação a 1941.

São notáveis estes números, se atendermos às dificuldades de obter materiais para instalações eléctricas e ao seu preço quási proïbitivo e ainda a que, por essas mesmas razões, poucas rêdes novas tem sido possível construir.

Entre nós, as conseqüências de guerra mundial manifestaram-se, na generalização do uso da electricidade, com dois aspectos antagónicos: por um lado obrigaram a reduzir forçadamente os consumos e dificultaram extraordinàriamente a montagem de novas instalações; por outro lado fizeram aumentar em larga escala a *apreciação* da electricidade, mesmo (e talvez principalmente) para aqueles que estavam habituados a prescindir dos seus benefícios. Daí um forte aumento de procura que não pôde ser satisfeita integralmente. Foi possível, porém, na maioria das distribuïções, mercê da sábia política do Govêrno e da publicação oportuna de legislação adequada, manter constante ou com pequenas correcções o preço da electricidade (pelo menos até 1943), que não está, felizmente, sujeito à conhecida lei da oferta e da procura; assim se atraíu grande número de novos consumidores, dispersos por todo o país, em regra gente humilde, representando outros tantos lares onde entrou — talvez à custa de pesados sacrifícios — uma nesga, ainda acanhada e tímida, de civilização e de bem estar, que há-de criar raízes e não mais de lá sairá. *A quelque chose malheur est bon...* Mas tudo isso significa, para o futuro, uma certeza de aumento de consumo cujas exigências é necessário satisfazer. Com que meios?

A forçada paralisação da central do Lin-

doso, que é sempre, mesmo na estiagem, um poderoso elemento da nossa produção, reduziu fortemente as disponibilidades de potência das rêdes do Norte; a central de Santa Luzia, sem prejuízo das suas possibilidades sob o ponto de vista da energia produtível, era, com um único grupo em serviço, insuficiente para compensar aquela redução de potência. Daí resultou a necessidade de deslocar, em tôdas as rêdes do Norte, os horários de laboração da indústria, para reduzir a ponta de carga e ajustá-la aos escassos limites da máxima potência disponível. O mesmo se fizera já, mas talvez em menor escala, em 1942 e em 1938.

Além da redução da iluminação pública, foram estas as únicas providências restritivas tomadas nas rêdes do Norte, na estiagem de 1943. O facto de se ter ainda mantido sem limitações o consumo de energia permitiu a afirmação de que a estiagem se vencera sem dificuldades, demonstrando-se dêste modo a suficiência dos recursos das emprêsas concessionárias e a boa qualidade dos seus serviços. Fazer tal afirmação é menosprezar injustamente os sacrifícios (só toleráveis numa época de emergência como a actual) que derivam do deslocamento dos horários fabris, quer para os industriais quer para milhares de operários, forçados a trabalhar de noite e a descansar de dia, com atropêlo dos hábitos naturais e prejuízo das condições higiénicas do trabalho e da vida. Pelo contrário: a estiagem de 1943 causou à indústria do Norte perturbações que só as circunstâncias anormais do Mundo permitiram desculpar; e, o que é mais grave, essas perturbações traduzem um aviso de que outras mais profundas se seguirão, em resultado do desenvolvimento natural, e aliás benéfico, das necessidades do consumo, que há-de agravar cada vez mais a insuficiência dos actuais meios de produção, sem que a central de Santa Luzia e outras pequenas centrais que venham a montar-se dentro de curto prazo possam constituir mais do que paliativos de reduzido alcance.

O problema do abastecimento de energia eléctrica no Norte atingiu já uma acuïdade aflitiva e a sua resolução adquire, de ano para ano, maior urgência; mais ainda do que no Sul, porque se não resolve, nem mesmo temporàriamente, pela importação, que amanhã voltará, naturalmente, a ser possível, de algumas dezenas de milhares de toneladas de carvão estrangeiro. Levado o problema a êste extremo, já não interessa discutir qual é o aproveitamento mais económico ou qual a entidade mais indicada para fazer ou completar os seus estudos. Só interessa promover a sua construção imediata e entregá-la a quem o faça mais ràpidamente, sob pena de se asfixiar o consumo, impedindo o desenvolvimento industrial e comprometendo as melhores perspectivas do progresso da Nação, a ordem social e o bem estar dos povos.

***

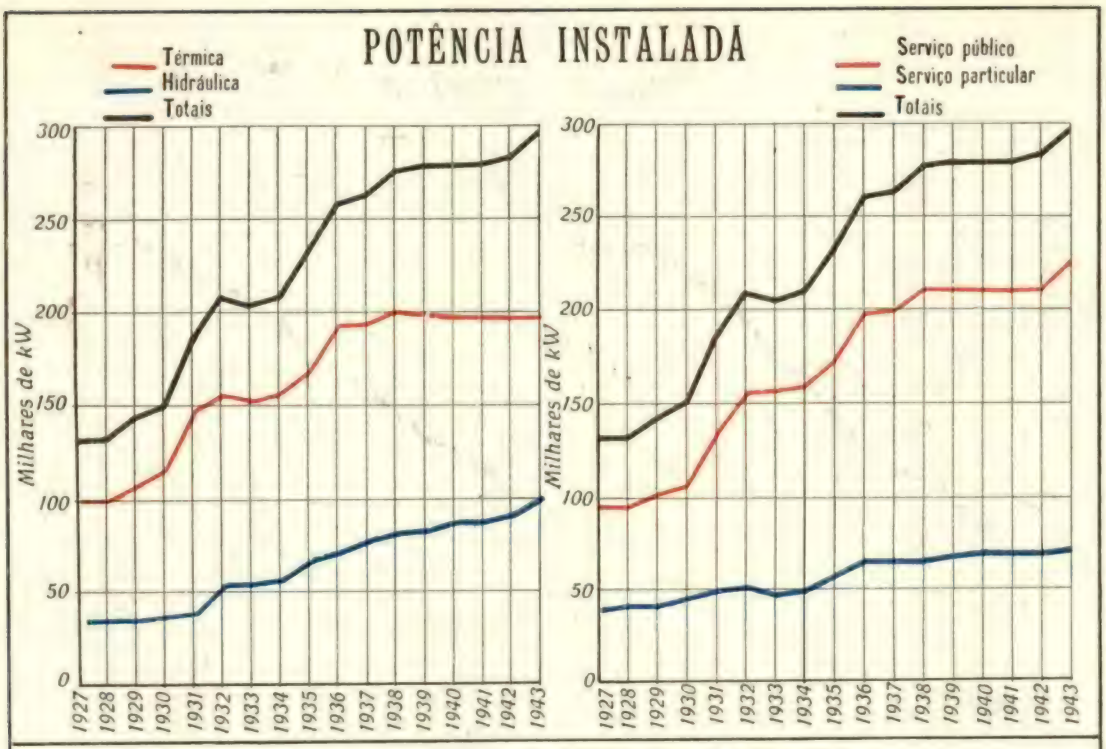
Merecem especial relêvo alguns números relativos à evolução do consumo na cidade do Pôrto, a que já se fêz breve referência. A aplicação das tarifas aprovadas pelo decreto n.º 32:468, de 5 de Dezembro de 1942 (que já estavam em vigor anteriormente, a título experimental) constituíu um curioso ensaio de estímulo da utilização da electricidade nos usos domésticos e os seus resultados excedem as mais optimistas espectativas.

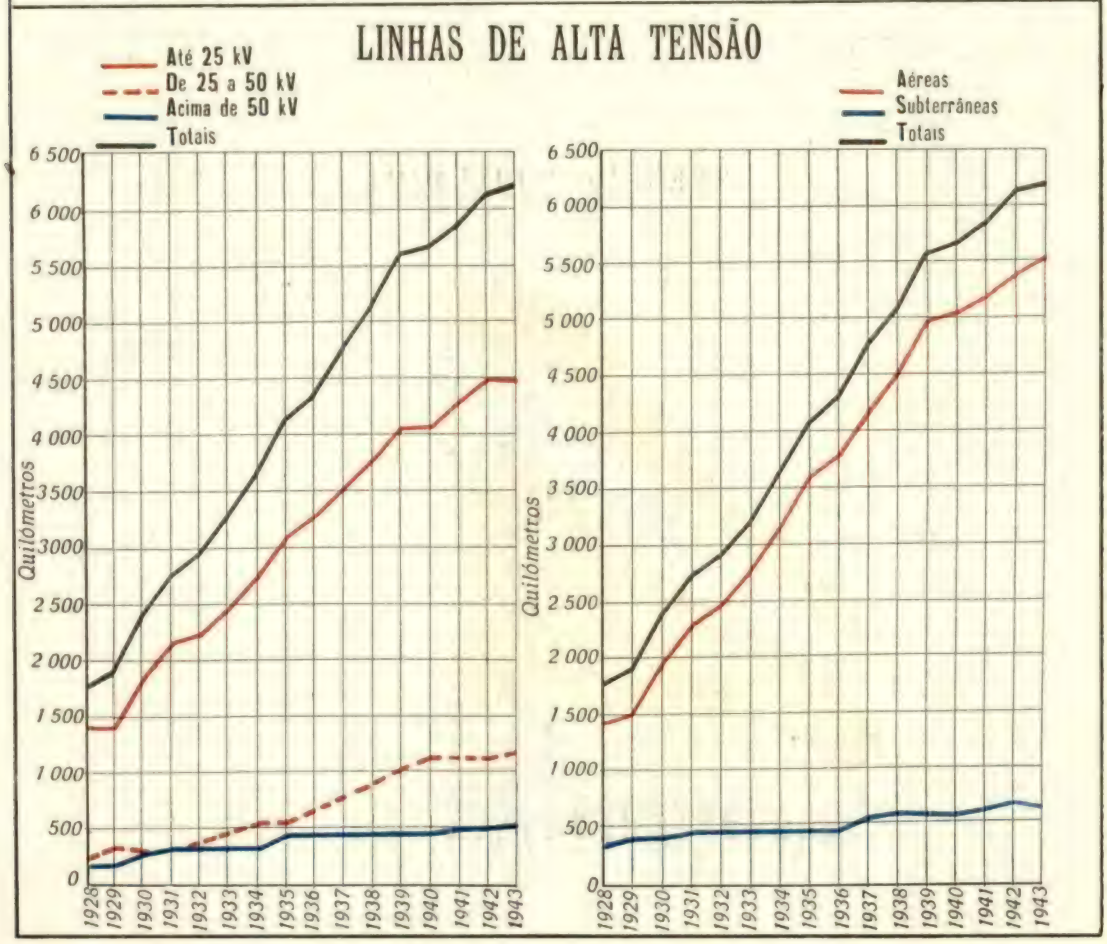
A energia consumida pela cidade do Pôrto através dos seus Serviços Municipalizados de Electricidade cresce, de ano para ano, num ritmo invulgarmente acelerado. Atingiu em 1943, excluída a iluminação pública e o consumo próprio dos Serviços, 16.400.000 kWh, com um acréscimo de 23,1 por cento sôbre o ano anterior e de 49,8 por cento em relação a 1940, que foi o primeiro ano completo de aplicação das novas tarifas.

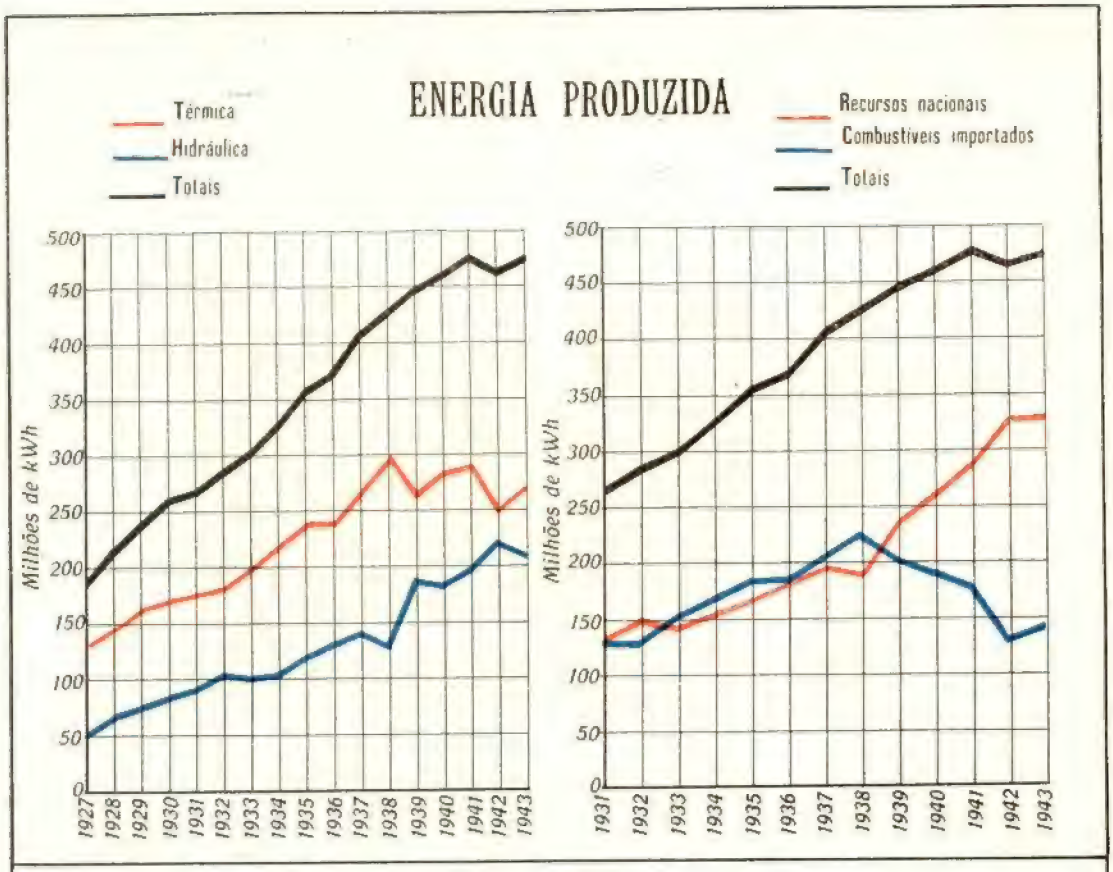
Para êste magnífico desenvolvimento contribuíram essencialmente:

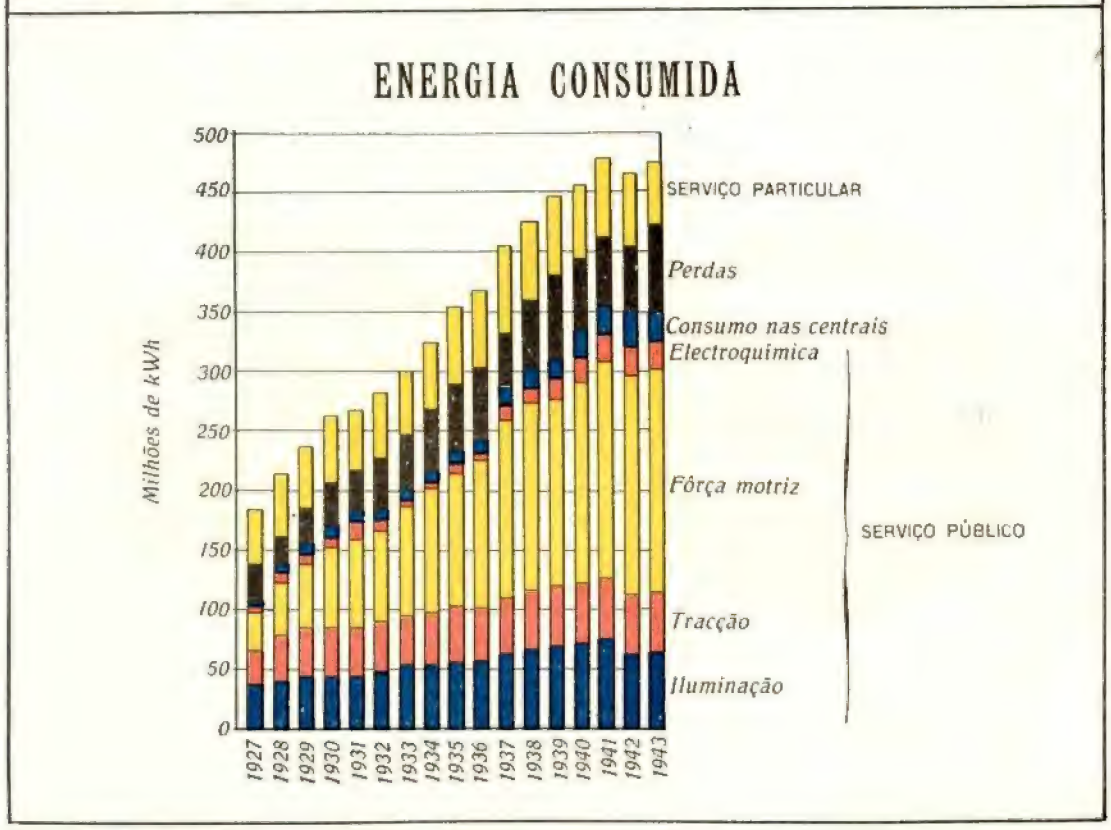
1.º — As tarifas domésticas, cujo consumo atingiu 5.468.500 kWh, registando aumentos, em relação aos anos citados, respectivamente de 41 e de 72 por cento;

2.º — As tarifas de alta tensão, que absorveram 2.704.000 kWh e cujas percentagens de progresso são, respectivamente, 25,5 e 134 por cento;


POTÊNCIA INSTALADA
Térmica
Hidráulica
Totais
Serviço público
Serviço particular
Totais
Milhares de kW
300
250
200
150
100
50
0
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943

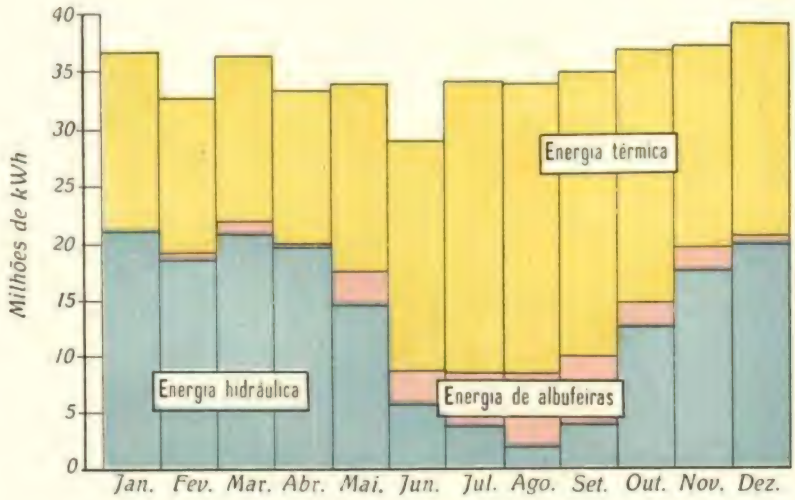

LINHAS DE ALTA TENSÃO
Até 25 kV
De 25 a 50 kV
Acima de 50 kV
Totais
Aéreas
Subterrâneas
Totais
Quilómetros
6 500
6 000
5 500
5 000
4 500
4 000
3 500
3000
2 500
2 000
1 500
1 000
500
0
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943


ENERGIA PRODUZIDA
Térmica
Hidráulica
Totais
Recursos nacionais
Combustíveis importados
Totais
Milhões de kWh
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943


ENERGIA CONSUMIDA
Milhões de kWh
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
SERVIÇO PARTICULAR
Perdas
Consumo nas centrais
Electroquímica
Fôrça motriz
SERVIÇO PÚBLICO
Tracção
Iluminação

PRODUÇÃO MENSAL DE ENERGIA EM 1943

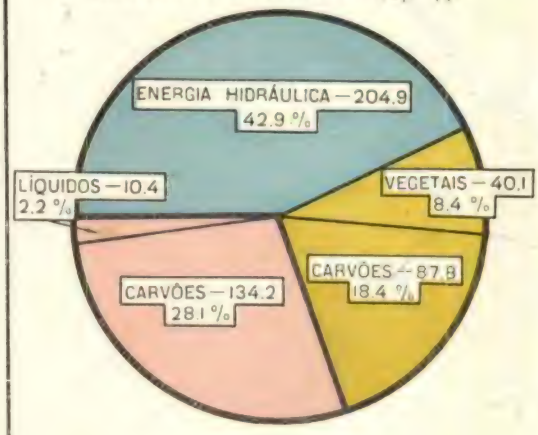
INSTALAÇÕES DE SERVIÇO PÚBLICO



FONTES DE ENERGIA ELÉCTRICA EM 1943

Milhões de kWh

RECURSOS NACIONAIS 69,7 %

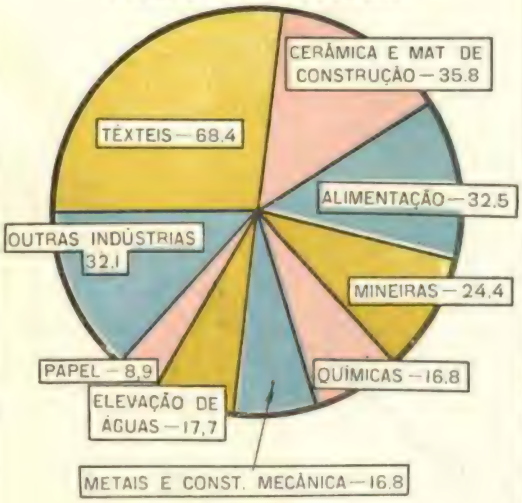


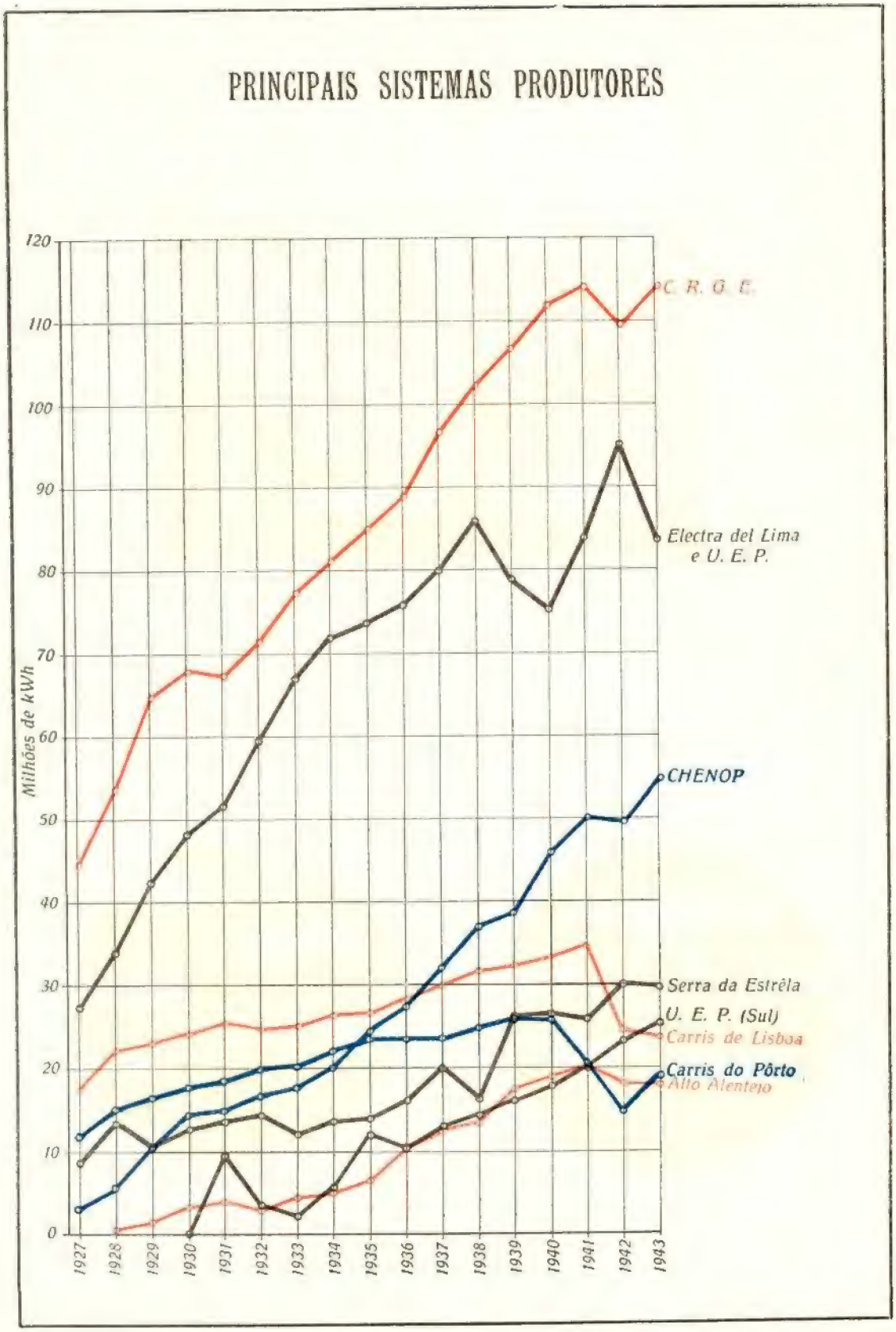
COMBUSTÍVEIS IMPORTADOS 30,3 %

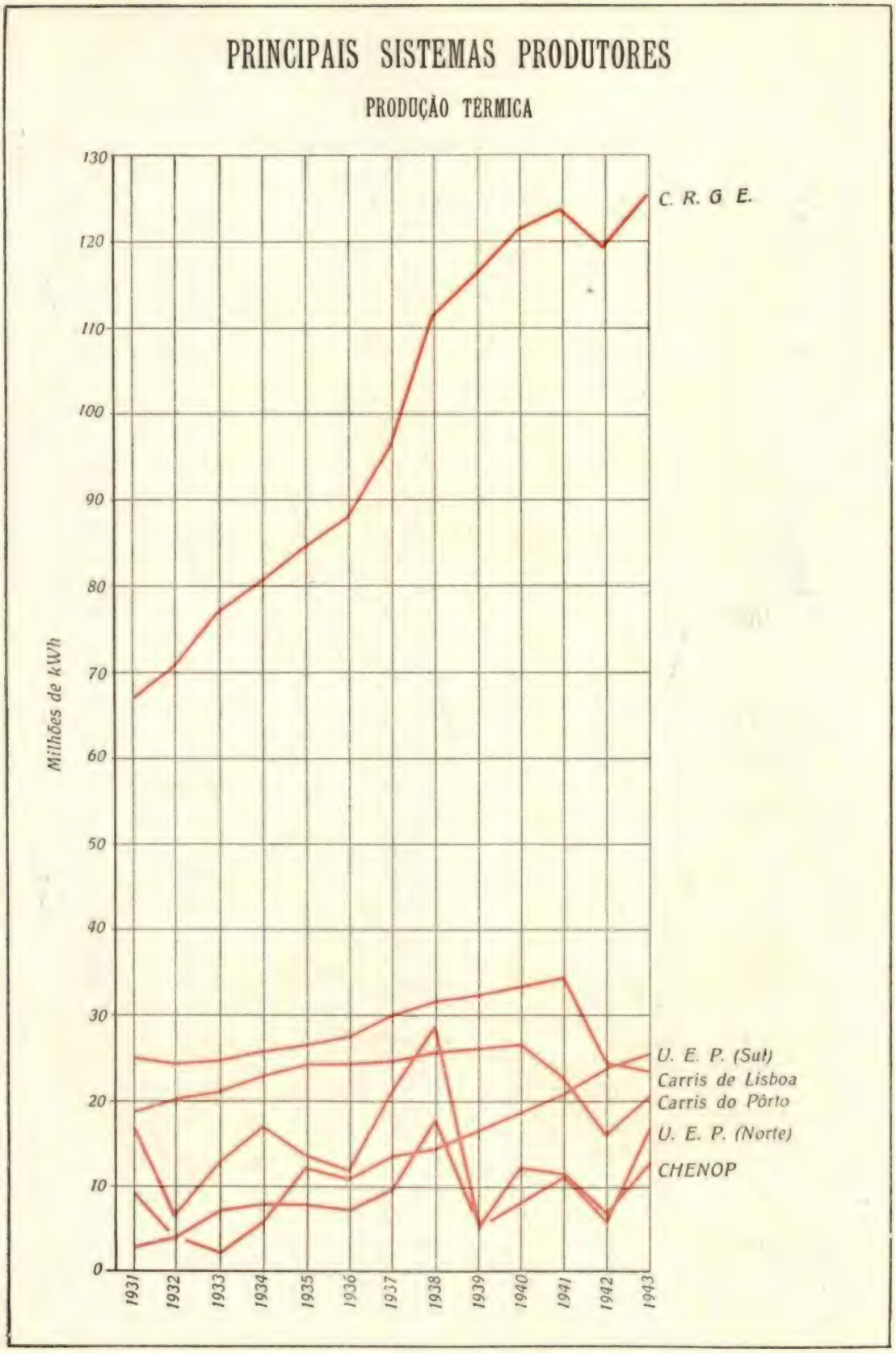
CONSUMO DE FÔRÇA MOTRIZ EM 1943

Milhões de kWh

CLASSES DE INDÚSTRIA

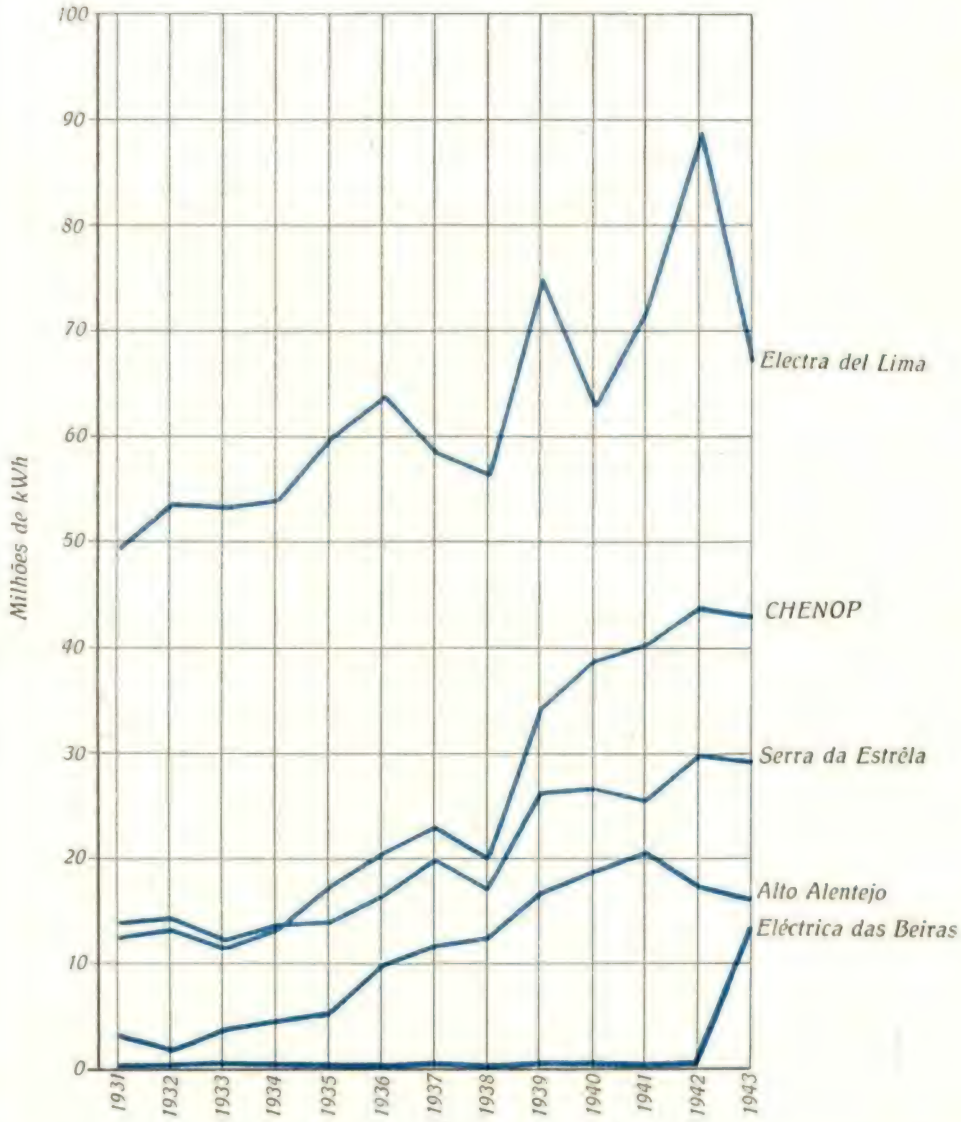



PRINCIPAIS SISTEMAS PRODUTORES
Milhões de kWh
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
C. R. G. E.
Electra del Lima e U. E. P.
CHENOP
Serra da Estrêla
U. E. P. (Sul)
Carris de Lisboa
Carris do Pôrto
Alto Alentejo

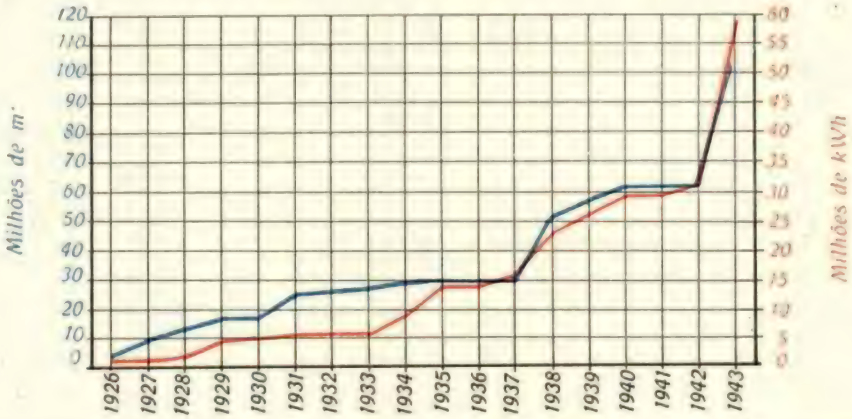

PRINCIPAIS SISTEMAS PRODUTORES
PRODUÇÃO TÉRMICA
Milhões de kWh
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
C. R. G. E.
U. E. P. (Sul)
Carris de Lisboa
Carris do Pôrto
U. E. P. (Norte)
CHENOP

PRINCIPAIS SISTEMAS PRODUTORES

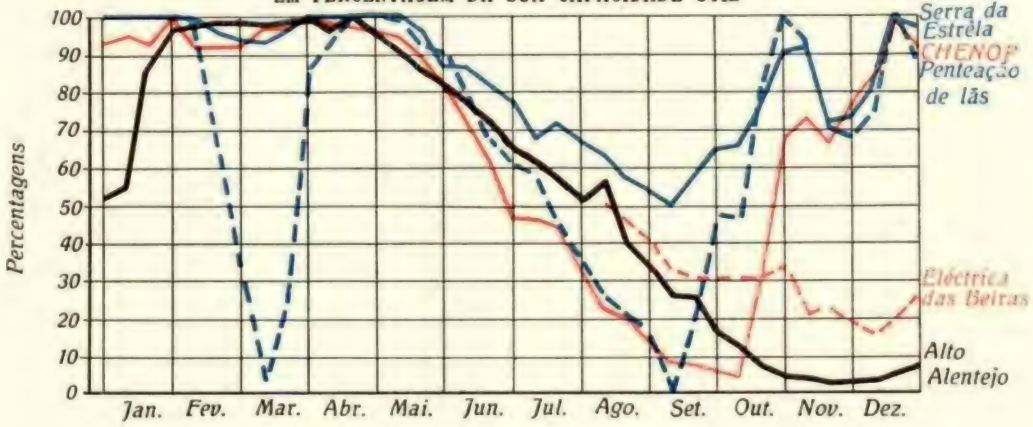
PRODUÇÃO HIDRÁULICA



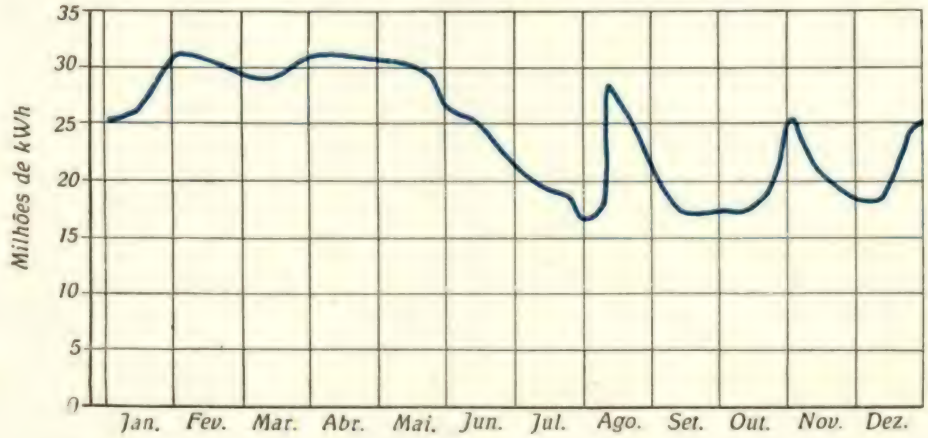
CAPACIDADE ÚTIL E ENERGIA ARMAZENAVEL NAS ALBUFEIRAS



CURVAS DE ESVAZIAMENTO DAS ALBUFEIRAS EM 1943, EM PERCENTAGEM DA SUA CAPACIDADE ÚTIL



ENERGIA POTENCIAL DAS ALBUFEIRAS EM 1943



3.º — As tarifas de fôrça motriz em baixa tensão, pelas quais foram vendidos 3.254 000 kWh, com aumentos de 14 e 50 por cento.

A venda de energia progrediu, porém, embora mais modestamente, em tôdas as restantes tarifas (usos comerciais, serviços do Estado, etc.), sem excepção, cujo consumo subiu, em média, mais de 12 por cento sôbre o ano anterior, atingindo perto de 5 milhões.

Nas tarifas domésticas, que abrangem 37.100 consumidores, o consumo médio apresenta, em três anos, uma subida de 50 por cento, pois passou de 98 para 147 kWh por consumidor e por ano.

Dêste modo se compreende que a cidade do Pôrto tenha melhorado mais uma vez o seu consumo específico, que passou de 201 para 214 kWh por habitante e por ano, ao passo que o mesmo índice, na cidade de Lisboa, se manteve pràticamente constante (143), sem recuperar a baixa sofrida no ano anterior.

A cozinha eléctrica e tôdas as aplicações da electricidade na vida doméstica são uma magnífica realidade do nosso século nos países de civilização adiantada. Estes números que, sendo ainda modestos, marcam, contudo, para o nosso meio, uma sensível nota de progresso, são dignos de ser conhecidos e meditados sobretudo por alguns cépticos que não acreditavam até agora (não se sabe bem porquê) que tal realidade pudesse verificar-se em Portugal. O exemplo do Pôrto constitue formal desmentido às suas opiniões e prova, com os factos à vista, que a electrificação doméstica é tão possível entre nós como em qualquer outro país e que nos há-de permitir gozar, nos nossos lares, da totalidade dos seus benefícios, que abrangem a higiene, o asseio, a comodidade, a estética, a economia e a dignificação do trabalho, Para tanto basta — mas é indispensável — que haja electricidade em abundância e boa vontade para a vender em condições aceitáveis de preço e de regularidade.

Uma e outra coisa nos têm faltado, mas precisamos de trabalhar para que deixe de ser assim.

Distribuïção — A extensão total de linhas de alta tensão ficou em 31 de Dezembro de 1943 em 6174 quilómetros — apenas mais 126 do que no ano anterior. Êste exíguo desenvolvimento foi conseqüência da falta de materiais, sobretudo condutores, e do seu alto preço, que levou, em numerosos casos, a desmontar ramais considerados dispensáveis, para utilizar os seus condutores na montagem de novas linhas; por isso o movimento de construção foi, na realidade, maior do que aqueles números indicam.

Sendo quási impossível a aquisição de cabo armado, a extensão de linhas subterrâneas baixou de 616 para 601 quilómetros; assim, o aumento verificou-se apenas nas linhas aéreas e, entre estas, tiveram forte predomínio as linhas apoiadas em postes de madeira, que subiram de 290 para 360 quilómetros.

As circunstâncias obrigaram os serviços do Estado a permitir de novo a montagem de linhas de alta tensão apoiadas em postes de madeira, apesar dos inconvenientes que apresentam. Tomaram-se, no entanto, as possíveis providências para evitar que, sôbre os defeitos do material empregado, as novas linhas enfermassem também de alguns vícios técnicos de montagem que costumavam caracterizar êste género de construção, comprometendo ainda mais a sua duração, o seu funcionamento e o seu aspecto.

As recentes linhas dêste tipo, construídas, em geral, com mais cuidado e melhor técnica do que as antigas, vão talvez permitir-nos, ao fim de alguns anos, tirar conclusões experimentais definitivas — quanto ao nosso país — sôbre as vantagens e inconvenientes do emprêgo de postes de madeira nas linhas secundárias.

A linha de Évora, a 30 kV, apoiada em pórticos de madeira, é a mais importante de tôdas as estabelecidas em 1943. Partindo do Pêgo do Altar e cortando o concelho de Montemór-o-Novo, ela atravessa uma região onde há-de vir a substituir algumas pequenas centrais locais e onde conquistará novos consumos para a rêde da União Eléctrica Portuguesa; além disso, permitirá um dia ligar, embora precàriamente, esta

rêde e a da Hidro-Eléctrica Alto Alentejo, cujos extremos distam hoje pouco mais de 30 km.

Ligou-se também, finalmente, à rêde de alta tensão da União Eléctrica Portuguesa, a distribuïção da vila de Grândola, a única sede de concelho do distrito de Setúbal onde ainda se mantinha teimosamente em serviço uma central municipal.

***

Por portaria de 29 de Abril de 1943 foram aprovadas as novas tarifas de venda de energia em baixa tensão no concelho de Coímbra. Semelhantes, na sua técnica e nos seus objectivos, a outras que se tem tentado, à custa de muito árduo esfôrço, introduzir em duas ou três dezenas de concessões ou distribuïções municipais, espera-se, não só dos seus méritos próprios, mas também da inteligência e boa vontade com que forem aplicadas pelos Serviços Municipalizados, que elas venham a produzir resultados idênticos aos já registados no Pôrto, guardadas, evidentemente, as devidas proporções.

As perturbações económicas trazidas pela guerra, exercendo influência em tôdas as actividades e provocando uma tendência geral para a alta de preços — na qual é necessário, mas difícil em muitos casos, separar o que é razoável do que não tem justificação — criaram graves embaraços à generalização de novas tarifas em maior número de concessões; num plano mais geral, impediram mesmo o prosseguimento da política sempre adoptada pela Junta de Electrificação Nacional, no sentido do barateamento da energia eléctrica.

Transitòriamente se reconhece, no momento actual, a falta de ambiente e de oportunidade para insistir nessa política que é contrariada pela maré dos acontecimentos. Teremos de esperar, talvez, que o valor do dinheiro e os preços das mercadorias readquiram uma posição de equilíbrio estável que hoje lhes falta, mas depois disso a mesma orientação tem de ser retomada, porque é condição imprescindível do desenvolvimento da indústria e porque assim o impõem as legítimas exigências e aspirações da Nação.

Teremos, porém, infelizmente, de esperar ainda por uma outra coisa: que haja energia para vender, pois seria tarefa inglória e improfícua lutar pela baixa de preço dum produto que não existe...

Eis o maior imperativo da hora presente. O aproveitamento da energia dos nossos rios está na base da resolução de todos os grandes e pequenos problemas da economia nacional.

No Senado Romano, Catão terminava todos os seus discursos pela frase célebre: *delenda est Carthago*. Nós deveríamos terminar os nossos afirmando teimosamente: *é preciso construir centrais*.

E Catão conseguiu que Cartago fôsse destruída...

A estratificação das partículas minerais nas mesas oscilantes de preparação de minérios

PELO ENG.º DE MINAS (U. P.) ALBERTO CERVEIRA

Assistente da Faculdade de Engenharia do Pôrto

Bolseiro do I. A. C.

Generalidades

Nas mesas oscilantes de concentração de minérios, quando a altura ou profundidade do leito das partículas minerais a separar é superior a um grão, observa-se o chamado fenómeno da *estratificação*. Esta estratificação corresponde à maneira como, em altura, as partículas se associam, entre si, segundo diâmetros, densidades e forma.

Se, nas mesas de concentração por calibragem fílmica, o estudo do fenémeno da estratificação não tem importância (visto tal fenómeno não dever observar-se, pelo facto de neste caso a altura do leito dever ser ùnicamente de um grão mineral), o mesmo não sucede na concentração em «vanners» cuja espessura do leito pode chegar a ser de dez grãos, aumentando ainda de importância o referido fenómeno no caso de a concentração se fazer em mesas oscilantes providas de «riffles». Nestas, segundo Richards, a espessura do leito pode ser de centenas de grãos.

Pelas razões anteriores, e devido ao facto de termos concluído que um conhecimento perfeito dêste fenómeno é de grande utilidade para todo aquêle que necessite saber as condições de trabalho dêste tipo de aparelhos de concentração de minérios, permitimo-nos abordar o fenómeno da estratificação nas mesas oscilantes providas de «riffles».

Não nos deteremos na exposição dos conhecidos princípios que presidem à concentração na referida classe de aparelhos, pelos quais se observa que, paralelamente à linha de maior inclinação da superfície da mesa, os grãos se classificam por densidades segundo o factor $\frac{d - l}{d}$ e que perpendicularmente a ela o fazem, sob a acção dos abalos, segundo $\frac{l^3 d}{g}$, para focarmos de preferência êste fenómeno da *estratificação* entre os «riffles». É que a sua interpretação, através da maioria dos autores, é feita dum modo diferente ou impreciso.

Assim, Paul Audibert (1), referindo-se a êste fenómeno da estratificação entre os «riffles», diz ser êle o resultado de uma espécie de simples trabalho em jiga de leito filtrante, devido ao qual as partículas mais finas são atiradas para o fundo, sob o efeito de correntes intersticiais descendentes, caminhando, depois, entre os «riffles» no sentido longitudinal, enquanto que as partículas de maiores dimensões, não tendo a possibilidade de se insinuarem através do leito, são levantadas até à superfície. Referindo-se à acção benéfica dos «riffles» nas mesas oscilantes de concentração de minérios, diz Roux-Braihc (2) ser sua função principal a de activar a acção da água de lavagem, que assim arrasta para fóra a máxima quantidade de gangas, tendo êles um efeito análogo ao da lavagem à bateia, permitindo uma estratificação dos materiais enquanto as gangas se escapam sem perturbar a estratificação. Êste mesmo autor fala-nos, ainda, na existência, entre os «riffles», de redemoínhos, de correntes e contra-correntes de água que não tendem a perturbar a estratificação estabelecida.

Sanna Manunta (3), sôbre êste assunto, fala-nos sòmente, além do aumento de capa-

cidade provocado pelos «riffles», numa acção moderadora e benéfica dos sulcos longitudinais e numa acção de pulsação contínua a que os materiais estão submetidos ao passarem dum sulco a outro.

Outros autores, como Richards (4), Rattel (5), Degoutin (6), etc., não se referem ou não interpretam o fenómeno da estratificação neste caso, falando alguns dêles ùnicamente na *acção benéfica dos «riffles»*.

Entre os autores que conhecemos, sòmente A. Taggart, na magnífica obra «Hand-book of ore dressing», faz não sòmente mais completa interpretação dêste fenómeno como, nessa interpretação, faz intervir também a acção do movimento oscilatório da mesa. Diz êste autor que êsse movimento vibratório «deixa a massa de partículas em condições de liberdade para se moverem umas em relação às outras, pelo que, nestas condições, as partículas pesadas e as de menores dimensões tendem a vir para a parte inferior do leito, sob o efeito do fenómeno familiar que pode ser observado sempre que uma massa de grãos de diferentes diâmetros, contidos num recipiente, são vibrados repetidamente e com fôrça suficiente para originar o movimento dos indivíduos sem sensível elevação do conjunto».

Efectivamente, julgamos não poder ser possível explicar por completo êste fenómeno de estratificação sem fazer intervir a classificação operada nas partículas minerais sob o efeito do movimento vibratório de que está animada a superfície da mesa onde se estende o leito das partículas a separar.

A estratificação operada, na ausência de qualquer corrente de água ascendente ou descendente, sob o simples efeito duma agitação horizontal, como a realizada numa massa de partículas suportada por um plano oscilante desprovido de *movimento diferencial,* foi estudada por Frederick Dyer (8). Esta espécie de classificação designou-a Dyer de «crowded settling», que traduzimos por *queda embaraçada,* embora, por se prestar a confusões com a *classificação em queda perturbada,* devesse talvez antes chamar-lhe *classificação em movimento vibratório.*

Classificação das partículas minerais em queda embaraçada

Para que se observe esta classificação torna-se necessário que exista atrito suficiente entre a superfície móvel de sustentação do leito e as partículas, bem como entre as partículas entre si, não devendo contudo, ser demasiado elevado a ponto de poder impedir o resvalamento dos fragmentos uns sôbre os outros.

Nestas condições, o movimento da superfície oscilante será, em parte, transmitido à camada inferior do leito de fragmentos, que o transmitirá, por sua vez, e em parte, à camada vizinha, indo-se assim transmitindo em gráus decrescentes, numa degradação constante e de baixo para cima.

Conclui-se então que, para que a *classificação embaraçada* se observe até à superfície, se torna necessário que os leitos formados pelas partículas minerais não sejam demasiado espessos, relativamente ao valor das características do movimento que lhe é imprimido.

Em resultado desta agitação, como as partículas maiores tendem a localizar-se nas zonas de menor movimento, elas vêm para a parte superior do leito, rodando sôbre as pequenas partículas, enquanto que estas, sendo como que crivadas entre os intervalos formados pelas de maior diâmetro, tendem a dispor-se no fundo.

F. Dyer conclue, então, que a *classificação embaraçada* conduz aos arranjos teóricos finais seguintes:

1.º) Com um grau suficiente de agitação horizontal num leito de partículas de vários diâmetros e do mesmo pêso específico, estas dispõem-se de modo que as grandes partículas se localizam nas zonas superiores e as de menor diâmetro na parte inferior.

2.º) Se existirem partículas de diferentes diâmetros e densidades, cada grupo, conforme a sua densidade, tenderá a dispor-se segundo a lei precedentemente enunciada, observando-se que o grupo das partículas de maior pêso específico ocupará a parte in-

ferior e o formado pelos fragmentos de menor densidade, irá ocupar a zona superior do leito. Notar-se-á, ainda, que as pequenas partículas de material leve se associam com as de maiores diâmetros do material mais denso, indo aquelas ocupar os vazios existentes entre estas.

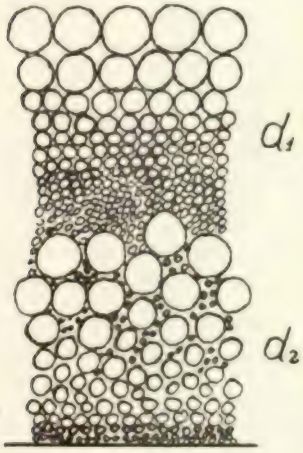


Fig. 1

Na fig. 1 pode vêr-se uma representação esquemática destas leis aplicadas a um leito formado por duas espécies minerais de diferentes diâmetros e de densidades d_1 e d_2, em que $d_2 > d_1$.

Das leis enunciadas por Dyer fàcilmente se compreenderá que os arranjos das partículas minerais, entre si, dependerão:

a) *do grau de agitação* fornecido ao leito visto que, para uma agitação insuficiente, a resultante das fôrças que tendem a produzir a elevação das grandes partículas pode não ser suficiente para que elas se elevem através das restantes e que, por outro lado, se a agitação fôr exagerada, poderá o leito das partículas tornar-se tão solto que só permita uma classificação incompleta;

b) *da forma das partículas,* pela razão de que, se as partículas forem, por exemplo, de forma achatada, se pode não observar classificação, por falta de contactos que originem escorregamentos verticais;

c) *da composição granulométrica dos produtos,* por dela depender o total de espaços vazios entre os fragmentos de maiores dimensões que serão ocupados pelos de dimensões menores;

d) de se estar a *trabalhar a sêco ou com água,* visto a presença desta, reduzindo a massa aparente das partículas, lhes dar uma maior mobilidade, exigindo-se pois uma menor agitação;

e) da duração da agitação, a qual tem de corresponder a um tempo suficiente para que os arranjos se operem.

Comparando os diagramas de associação de partículas de diferentes diâmetros e de densidades $d_2 > d_1$ obtidos na *queda embaraçada,* com os obtidos com as mesmas partículas na classificação em *queda perturbada* ou *queda livre,* verifica-se ser tal arranjo (fig. 2) inverso do obtido nestes dois últimos processos de classificação quando $d_2 > d_1 > \Theta$ (em que Θ representa a densidade aparente do líquido de separação),

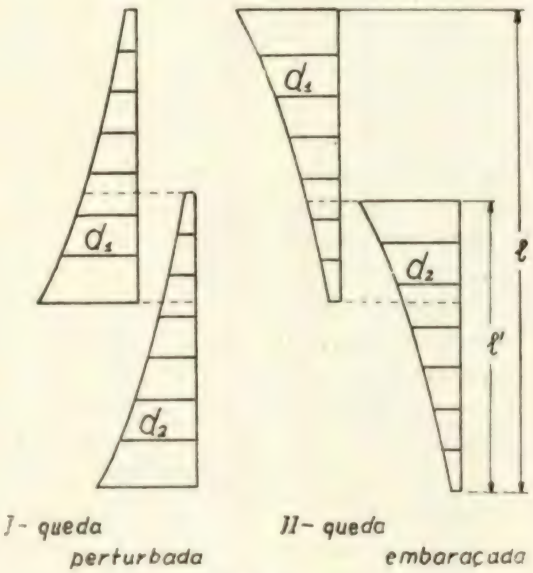


Fig. 2

coincidindo os tipos de estratificação se $\Theta > d_2 > d_1$, o que corresponde a uma separação efectuada num líquido de densi-

dade aparente superior à das duas espécies minerais a separar.

Se, a quando da classificação em *queda embaraçada,* se lhe introduzir a acção de correntes de água ascensionais, consoante a velocidade dessas correntes, assim obteremos vários diagramas de estratificação desde I até II.

Efectivamente, partindo do tipo II de estratificação (fig. 2), no qual não existem correntes ascendentes, com sucessivos aumentos no valor da velocidade das referidas correntes, poderemos chegar ao tipo I de stratificação.

A queda embaraçada nas mesas oscilantes de preparação de minérios providas de "riffles"

Depois da exposição anteriormente feita, fàcilmente se compreenderá a influência benéfica da separação auxiliar efectuada nas partículas minerais situadas entre os canais formados pelos «riffles», sob o efeito da estratificação operada na *queda embaraçada.*

De facto, se não existisse qualquer acção de correntes de água, ascendentes ou descendentes, sob o simples efeito do movimento vibratório de que a superfície da mesa está animada, as partículas das duas espécies minerais, contidas nos canais formados pelos «riffles», estratificar-se-iam segundo o diagrama II da fig. 2.

Reparando em tal diagrama, vê-se que êle corresponde ao tipo ideal de estratificação. Efectivamente, observa-se nêle que as finas partículas de minério útil (que são aquelas em que pode haver perdas maiores) se situam no fundo dos canais, ficando assim protegidas (e ainda pelas de maior diâmetro) da acção de arrastamento da toalha de água distribuída pelo clarinete, enquanto que as partículas estéreis, sobrepondo-se às de minério útil, sofrem essa acção de arrastamento, sendo eliminadas.

Dêste modo, e dentro do caso em que nos colocamos, para se obter uma separação completa e teòricamente sem perdas, bastaria estabelecer os «riffles», na zona de carga da mesa, com uma altura l de forma a que cada um dos canais pudesse comportar a carga de partículas a êle correspondente, indo essa altura decrescendo sucessivamente para, na zona de descarga (recolha de concentrados), terem a altura l'.

Em tais condições, na zona de carga da mesa, as partículas contidas entre os «riffles», não tendo ainda tido tempo de se estratificarem segundo as leis da *queda embaraçada*, não sofreriam arrastamento devido à suficiente altura dos «riffles», para gradualmente passar a ser eliminada a parte estéril, à medida que a altura dos «riffles» ia diminuindo para a zona de recolha de concentrados.

Mas, o caso anteriormente indicado, não passa da concepção de um trabalho em condições ideais, das quais, na prática, estamos sempre mais ou menos afastados. É que, a toalha de água de arrastamento, ao passar sôbre a superfície canelada da mesa, origina correntes turbilhonares de eixo horizontal (fig. 3) nos intervalos dos «riffles», correntes estas que vão perturbar e modificar a estratificação ideal das partículas segundo a *queda embaraçada.*

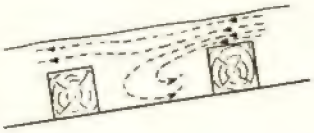


Fig. 3

Compreende-se assim fàcilmente que, sob o efeito mais ou menos indicado da acção das correntes turbilhonares, se possam obter estratificações mediando entre a ideal (fig. 2-II) e as assinaladas por P. Audibert e A. Taggart que, apesar de indicadas como tais, de modo algum correspondem ao melhor tipo de estratificação.

Conclue-se, assim, que a lavagem auxiliar efectuada entre os «riffles» devida à acção das correntes de água, em vez de benéfica (como é classificada por alguns autores) é prejudicial, devendo na prática ser eliminada tanto quanto o possível, afim de nos aproximarmos da estratificação ideal produzida em *queda embaraçada.*

Conclusões

Após a interpretação do fenómeno da estratificação e, com o fim de tornar o trabalho da mesa o mais eficiente possível, teremos de agir no sentido de tentar diminuir a acção das referidas correntes turbilhonares e promover, directamente, uma perfeita estratificação segundo a *queda embaraçada*, além de se dever enviar para a mesa produtos prèviamente classificados.

Como a acção turbilhonar é tanto mais intensa quanto maior fôr a velocidade da corrente de arrastamento (dependendo ainda do afastamento e altura dos «riffles») e mais abruptos forem os anteparos que se lhe oponham à sua marcha, deveremos:

a) reduzir ao mínimo indispensável a inclinação da superfície da mesa;
b) não trabalhar com muita água saída do clarinete;
c) adoptar para os «riffles» um perfil trapezoidal, com a base menor voltada para cima, em vez de rectangular, como é usual, afim de transformar os turbilhões em simples encurvamento de filetes líquidos (alguns construtores foram mesmo levados empìricamente ao emprêgo de «riffles» de secção triangular);
d) procurar trabalhar com a mesa em plena carga, mas não em sobrecarga;
e) estabelecer os «riffles» de modo que a variação de altura longitudinal esteja de acôrdo com a capacidade e composição granulométrica dos minerais a separar.

Poderá promover-se ainda uma maior eficiência na *estratificação embaraçada* por uma conveniente regulação da mesa, escolhendo as características do movimento oscilatório de que ela está animada consoante a composição granulométrica do produto a tratar. Como regra, pode indicar-se que, quanto maiores forem as dimensões dos produtos a estratificar, maior deve ser o curso do movimento vibratório e menor a sua freqüência, observando-se o inverso para partículas de diâmetro cada vez menores. Deve ainda regular-se o valor da relação das velocidades médias no movimento de avanço e recuo do taboleiro da mesa (assunto que brevemente contamos poder dar à estampa).

Por observação dos diagramas de estratificação concluir-se-á, ainda, que uma diminuïção no valor das perdas pode ser obtida classificando prèviamente os produtos, devendo empregar-se, de preferência, uma classificação por equivalência a uma calibragem. Deve notar-se que, se as condições teóricas da estratificação em *queda embaraçada* se realizassem na prática integralmente, não seria exigida a classificação prévia dos produtos, a não ser entre limites relativamente afastados.

BIBLIOGRAFIA:

1 — Paul Audibert: *Causeries sur les filons métaliques.*
2 — Roux-Braihe: *Ateliers modernes de Préparation mécanique des minerais* (1922).
3 — Sanna Manunta: *Preparazione meccanica dei minerali* (1938).
4 — Richards: *Ore dressing* (1908).
5 — Rattel: *Préparation mécanique des minerais* (1908).
6 — Degoutin: *Étude pratique des minerais* (1934).
7 — A. Taggart: *Hand book of ore dressing.*
8 — Frederick Dyer: *The scope for Reverse Classification by Crowded settling in ore-dressing practice* (1929).

«ENGENHARIA»

Publicação dos Alunos da Faculdade de Engenharia

Está de parabens a Faculdade de Engenharia.

Tivemos o prazer de receber o 1.º número de tão esperada e necessária revista. O ótimo aspecto e o interêsse dos artigos incluídos fazem-nos prever um explêndido acolhimento. É êsse o nosso mais sincero desejo.

Engenharia abre com um artigo do Sr. Eng.º Adriano Rodrigues, ilustre Reitor da Universidade do Pôrto, no qual saúda a *Técnica,* fazendo votos para que entre as duas revistas *se estabeleçam laços de íntima camaradagem e harmonia, o que não exclue, antes aconselha, uma nobre emulação de competição no sentido do melhor, para maior honra e progresso da engenharia portuguesa.*

Temos a certeza que de tal camaradagem, ambos — os novos e os já mais velhos — teremos a lucrar.

Retribuimos a saüdação, esperando que a nova revista tenha uma vida longa e próspera.

Se há dificuldades no caminho — e nós conhecemo-las — decerto não faltarão o dinamismo e a persistência necessários para as vencer.

A Direcção da «Técnica».

AOS NOSSOS ASSINANTES

No limiar de mais um ano de publicação da Revista, verificamos a impossibilidade de, mantendo o nível a que os leitores se habituaram, conservar os preços de venda e assinatura.

Depois de 2 anos sem qualquer aumento, em face das dificuldades sempre crescentes, somos forçados a subi-los, se bem que ligeiramente.

A *Técnica* não precisa de ter lucros: precisa apenas do necessário para viver, procurando melhorar sempre aquilo que já se fez.

Pedimos aos nossos leitores que confrontem os novos preços com os das revistas congéneres. Estamos certos que dessa comparação resultará a condescendência com o sacrifício que somos obrigados a pedir-lhes.

A partir dêste número (inclusivé) os nossos preços passam a ser os que a seguir se indicam:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente	**21$00**	**40$00**	**75$00**
Colónias e Estrangeiro		**45$00**	**80$00**

Número avulso 7$50

Uma aplicação dum tipo especial de pórtico simples

Contribuïção para o estudo de pontes

POR EDGAR CARDOSO

ENGENHEIRO CIVIL (U. P.)

No presente artigo mostra-se como é possível idealizar um sistema isostático equivalente ao pórtico simples quanto à sua capacidade de resistência às sobrecargas. Indica-se as principais vantagens dêsse sistema sôbre as estruturas hiperestáticas, dá-se sucintamente a marcha de cálculo seguida para o resolver e faz-se, ainda, uma descrição sumária duma aplicação do sistema a uma ponte de estrada.

Resume-se as principais conclusões duma prova de carga sôbre a ponte, depois de construída e, finalmente, faz-se algumas considerações gerais sôbre o problema em questão.

1 — A que se deve o aparecimento de algumas estruturas resistentes

O desenvolvimento da construção metálica e, nos nossos dias, a larga expansão do betão armado, originaram novos tipos de estruturas resistentes, não conhecidas, ou sem interêsse prático de aplicação, por não ser possível realizá-las com os materiais de que se dispunha, nas eras anteriores ao emprêgo do ferro nas obras públicas.

De facto, podemos associar duas ou mais barras de *ferro* num único nó de tal forma que cada uma das barras possa resistir com segurança, não só aos esforços de tracção e compressão simples, mas, ainda, a momentos de flexão, provenientes das diversas solicitações da estrutura.

A ligação rígida das barras de um dêsses nós é feita por rebitagem ou soldadura, podendo, em qualquer caso, estabelecer-se uma ligação íntima das peças, se tanto desejarmos.

O *betão armado,* ainda com mais facilidade, permite construir nós rígidos, capazes de resistirem a tôdas as solicitações, mediante o emprêgo de armaduras metálicas adequadas às tensões originadas por essas diversas solicitações.

A *pedra* só permite ligações rígidas quando os esforços solicitantes não produzem tracções de importância nos diferentes elementos, que concorrem num nó, tal como se passa, por exemplo, na íntima união dum pilar duma ponte aos dois arcos, que nêle descarregam. Fora dêsses casos já não são possíveis essas ligações a não ser em obras de reduzida importância, para as quais, como se disse, as tracções desenvolvidas possam ser admitidas com segurança (como acontece por exemplo nas sacadas dos edifícios).

Com a *madeira* não se pode também efectuar ligações rígidas das peças, duma forma prática, nas estruturas de principal resistência duma obra. As «samblagens» rígidas de madeira, que são possíveis e muito usadas na carpintaria e marcenaria, não serão de fácil aplicação, por exemplo, a uma ponte ou a uma asna de grandes ou médias dimensões.

Mas, mesmo que fôsse pràticamente possível efectuar ligações rígidas nas peças de madeira, as variações termo-higrométricas e

as deformações plásticas da madeira alterariam de tal forma o funcionamento hiperestático, inicialmente previsto para a estrutura, que os cálculos dos esforços deixariam de ter qualquer rigor.

Os sistemas hiperestáticos «de madeira» têm características especiais, obrigando a uma técnica própria de construção cujo estudo se afasta do assunto, que pretendemos visar: *o pórtico simples como elemento de principal resistência das pontes.*

Foi, portanto, com o desenvolvimento das construções de ferro e com o aparecimento do betão armado que se começaram a empregar sistemas construtivos, formados por várias barras rectas ou curvas, ìntimamente ligadas nos nós, com ou sem a interposição de «concordâncias», apoiados no meio exterior por encastramento ou articulação.

2 — O pórtico simples triarticulado como elemento resistente

De entre os sistemas formados pela associação de várias barras destacam-se, pela sua importância, os diferentes tipos de pórticos simples e múltiplos, cada um com as suas vantagens e inconvenientes na resolução de certo caso concreto a solucionar.

Ocupar-nos-emos ùnicamente do pórtico simples formado por um elemento horizontal $\overline{BC}$ e por dois montantes verticais $\overline{AB}$ e $\overline{CD}$ (Fig. 1).

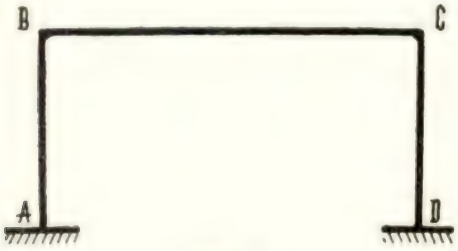


Fig. 1

Êste pórtico é utilizado a-fim-de reduzir os momentos máximos na viga $\overline{BC}$, os quais seriam exagerados se a viga $\overline{BC}$ fôsse simplesmente apoiada, se não se pudesse estabelecer um arco por uma questão de «gabarit», etc.

Pretende-se que, ao longo de $\overline{BC}$ se desenvolvam momentos flectores menores do que os que correspondem à viga simplesmente apoiada de igual vão. O momento flector da viga, para o caso duma carga uniforme vertical, por exemplo, passa de M_m (Fig. 2), para $(M_m - M_B)$, no pórtico, valor que nos casos correntes é cêrca de metade de M_m.

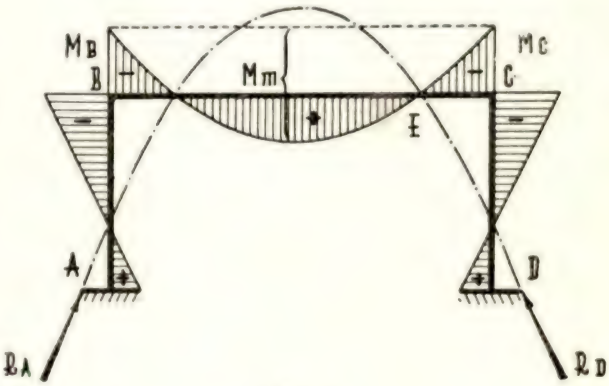


Fig. 2

É claro que esta redução do momento do vão origina momentos negativos na viga, junto aos montantes e ainda momentos ao longo dêstes montantes, que é necessário absorver, mas cujo valor absoluto é sempre inferior ao máximo do da viga apoiada.

Sabe-se, também, que o pórtico simples de momento flector positivo mínimo é o pórtico encastrado ou seja o pórtico em que os montantes são rìgidamente ligados ao meio exterior.

Tem, no entanto, o inconveniente de não permitir quaisquer deslocamentos de uma das ligações ao meio exterior em relação à outra ligação (deslocamento vertical, horizontal e angular da secção D, por exemplo, em relação a A) sem que se gerem esforços no sistema, certamente prejudiciais.

Com efeito, no caso da estrutura vir a formar o elemento de principal resistência de uma ponte, por exemplo, não poderão dar-se deslocamentos das fundações, superiores a certas quantidades, em geral pequenas, o que proíbe o seu emprêgo nos maus terrenos. Nestes terrenos, com facilidade os movimentos das fundações atingirão alguns centímetros, se se não tomam precauções especiais.

Por outro lado, as variações de temperatura diurnas e de estação e a contracção do betão, na hipótese do betão armado, tenderão a fazer dilatar e contraír a viga e os montantes o que gera esforços importantes em tôda a estrutura, por ser fixa a distância $\overline{AD}$. De facto, o terreno, sendo pouco sensível às variações de temperatura e nada tendo que vêr com a contracção do betão, não poderá acompanhar as dilatações e contracções do sistema, devido a essas solicitações e, conseqüentemente, gerar-se-ão neste tensões internas correspondentes.

Se o pórtico em vez de ser encastrado é apenas articulado em A e D, Fig. 3, o momento máximo positivo na viga é um pouco superior ao correspondente ao pórtico encastrado, mas êsse pórtico já permite maiores movimentos de D, relativamente a A e já são possíveis deslocamentos, desde que tenham os centros de rotação nas articulações A e D.

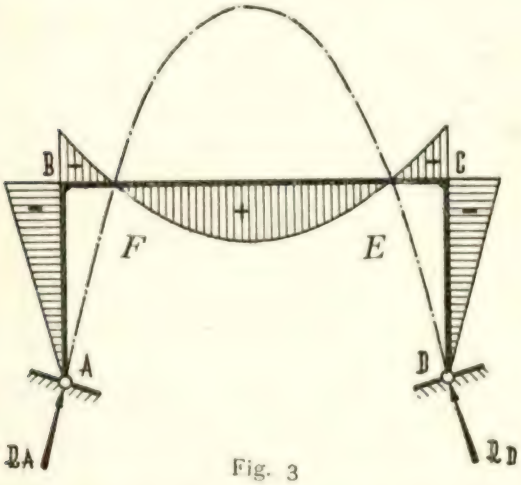


Fig. 3

No entanto, se os centros de rotação não estão sôbre as articulações, como geralmente sucede, os esforços internos resultantes, adicionados aos das variações de temperatura e da prêsa do betão, se o pórtico é de betão armado, poderão ser ainda uma fracção importante dos esforços totais.

O pórtico, tal como o apresentámos, não pode, portanto, ser aplicado se o terreno de fundação não apresenta suficientes garantias de indeformabilidade relativa; não pode ser aplicado, pelo menos, sem um exame muito cuidado dos movimentos das sapatas de fundação. Por prudência convirá, então, não empregar o pórtico ou outra estrutura hiperestática, em tais casos, pela incerteza que em geral temos da grandeza das deformações dos maus terrenos de fundação.

No caso geral tornar-se-á anti-económico pelo que se refere aos esforços provenientes das variações de temperatura e de contracção (no caso do betão armado), principalmente se os montantes são baixos e a estrutura é submetida a grandes cargas e sobrecargas, como nas pontes, pela influência do aumento das secções resistentes sôbre os esforços internos.

É possível, contudo, idealizar uma estrutura de funcionamento análogo ao dos pórticos até aqui considerados, para determinadas hipóteses de solicitação e que permita, não só quaisquer movimentos das fundações, mas ainda que as variações de temperatura actuem sem produzirem tensões internas no sistema.

Se quizéssemos uma estrutura isostática com momentos flectores iguais aos do pórtico encastrado da Fig. 2 bastaria introduzir, por exemplo em E, uma articulação e curvar os montantes $\overline{AB}$ e $\overline{CD}$, respectivamente em A e D, para fóra, numa certa extensão, articulando então as extremidades, como se indica na Fig. 4 [1].

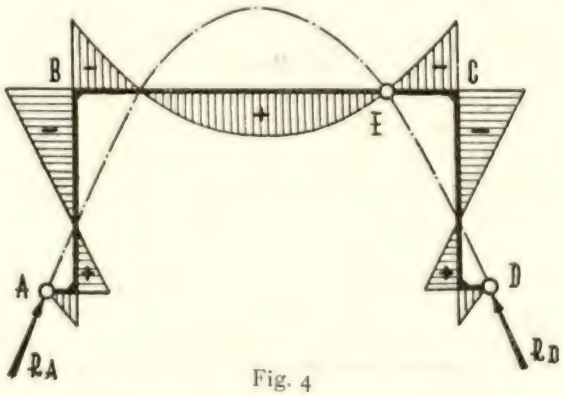


Fig. 4

No caso do pórtico biarticulado, da Fig. 3, para o transformar em isostático, era suficiente adicionar-lhe uma terceira articulação em E ou F.

Por êste tão simples processo de *introdu-*

[1] Sôbre pórticos com os montantes curvados na base, veja-se, por exemplo, o artigo «Les portiques retroussés» de A. Spoliansky (La Technique des Travaux, jan. 1936).

ção duma articulação e curvatura dos montantes pode ainda dar-se ao pórtico o diagrama de momentos mais convenientes ou regular a intensidade e direcção da impulsão. Assim, por exemplo, se as condições do problema exigem uma muito pequena altura do sistema a meio vão e um reduzido impulso (componente horizontal das reações) desloca-se a articulação E mais para a parte central do vão e curvam-se os montantes não para fora mas para dentro, como se indica na Fig. 5.

Esta solução pode ser de grande interêsse na supressão de passagens de nível para as quais não causa geralmente embaraço a curvatura dos montantes para dentro, dada a pequena extensão pas partes horizontais dêsses montantes, que seria necessário curvar.

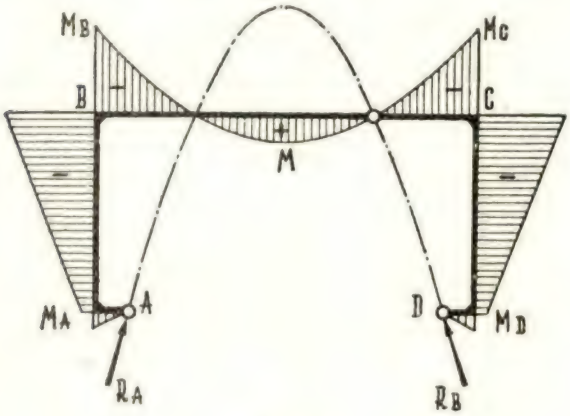


Fig. 5

A estrutura preconizada — *o pórtico simples de três articulações* — apresenta, portanto, em resumo, as seguintes vantagens:

1.º — não é influênciada por um ocasional assentamento desigual dum dos apoios ou do afastamento dos mesmos e é, ainda, insensível às variações de temperatura e à contração do betão, quanto às tensões internas;

2.º — para um determinado vão e para uma determinada altura de montantes pode obter-se o diagrama de momentos flectores que se quizer para a viga, ou a inclinação que se desejar para as reacções de apoio, mediante a simples escolha da posição da articulação da viga e da parte curvada dos montantes. Nos pórticos hiperestáticos isto não é possível, a não ser em reduzidíssimas proporções e só à custa da relação entre os momentos de inércia da viga e dos montantes ou mediante a introdução de prè-esforços no sistema;

3.º — a estrutura, por ser isostática, não sofre variações de esforços internos com o tempo, pela acção da *deformação plástica,* quando o material seja o betão armado, fenómeno a considerar em todos os sistemas hiperestáticos de importância, o que não quere dizer que essa acção seja nociva, mas antes evita considerá-la.

3 — Porque se adoptou, no problema a resolver, o pórtico triarticulado

Condições locais exigiam o emprêgo duma ponte com os elementos resistentes de pequena altura sôbre o intradorso não só pela baixa cota da rasante em relação ao nível dos terrenos marginais, como mostram as fotografias 1 e 2, mas, ainda, pela elevada cota das máximas cheias, relativamente às estradas a um e a outro lado do rio. Não era sequer possível subir a rasante das estradas, senão poucos decímetros, pelo facto da obra se encontrar muito perto das casas da povoação, além do mau traçado, em perfil longitudinal, com que ficaria a estrada, se tal se fizesse.

Por considerações de vasão, o vão útil da obra devia ser da ordem dos 20 m não convindo subdividi-lo, empregando pilares no leito do rio, em vista do regimen torrencial da corrente quando de cheias ou de grandes trovoadas. A subdivisão do vão seria também anti-económica pelo elevado custo dos pilares em maus terrenos de fundação.

Pelas sondagens efectuadas concluiu-se que o terreno era de origem aluvionária, encontrando-se o pliocénico a cêrca de 8 m de profundidade.

Não se podia, portanto, utilizar um sistema de ponte de tabuleiro superior de grande altura de viga nem era de aconselhar projectar-se uma estrutura hiperestática visto o terreno firme se encontrar a grande profundidade.

Parecia, então, dever aplicar-se um sistema de ponte de tabuleiro inferior, isostático por condições de ligação exterior. Mas, êste tipo de ponte, de betão armado, gasta muito ferro e é de difícil execução, principalmente

Foto 1 — **Um aspecto geral da obra, na última fase da execução.**

pelos cuidados a ter nas zonas de cruzamento das armaduras, como se sabe.

Apresenta-se assim, com manifesta vantagem, pelas razões atrás expostas, o pórtico

Foto 2 — Uma vista parcial da ponte, na qual se distingue uma das juntas de dilatação do pórtico que separa os montantes dos muros de avenida.

simples triarticulado. Com efeito, apesar de ser de tabuleiro superior, a altura útil da viga, para o vão teórico de 21,50 m é ùnicamente 0,90 m ou seja apenas cêrca de 20 a 30 cm mais do que corresponderia à altura do tabuleiro dum sistema com vigas principais superiores («Bow-String», por exemplo). Sendo aconselhável, em face do resultado das sondagens, empregar um sistema de fundação indirecta, por estacaria, indicado estava utilizar-se a estrutura, que se executou, pela sua isostaticidade exterior, na direcção longitudinal. Pela mesma razão não convinha dar às reacções de apoio do sistema uma grande componente horizontal o que nos levou a localizar a articulação da viga fora da região central desta. Não julgámos necessário, contudo, curvar os montantes para dentro, afim de deminuir, como vimos, essa componente horizontal.

Para mostrarmos as vantagens da solução adoptada, quanto à redução dos esforços, diremos que, se tivéssemos empregado um pórtico de duas articulações, sem temermos assentamentos desiguais das fundações ou o afastamento dos apoios, o efeito duma deminuïção de temperatura de 15° c. adicionado ao resultado da prêsa do betão, devido ao endurecimento, dariam um aumento

de esforços, na zona média da viga, da ordem dos devidos às sobrecargas rolantes.

4 — Descrição sumária da obra; justificação técnica da forma do sistema

A ponte é essencialmente formada por um pórtico de betão armado de três articulações assimétricas. A parte central do elemento horizontal é nervurada para deminuir a carga permanente, aonde esta produz peores efeitos, e que constituíria pêso morto, se existisse, por ser betão da zona de tracção. As partes restantes são maciças, de espessura variável para melhor resistirem aos esforços e formam uma laje curva para cada um dos lados da zona ôca. Os ângulos são consideràvelmente reforçados com betão. O ângulo reentrante é concordado por curvas de grande raio e o ângulo saliente é cortado, para que não haja grande descontinuïdade da superfície do sólido, descontinuïdade que é prejudicial, como sabemos, para a distribuïção das tensões nas secções. Os cortes longitudinal e transversais e as plantas, que se apresentam no desenho n.º 2, mostram êsses pormenores.

O comprimento total da ponte é de 29,60 m, correspondendo 4 m a cada encontro e a largura útil total 7,60 m, com uma faixa de rolagem de 6 m e dois passeios laterais de 0,80 m, em consola para cada lado.

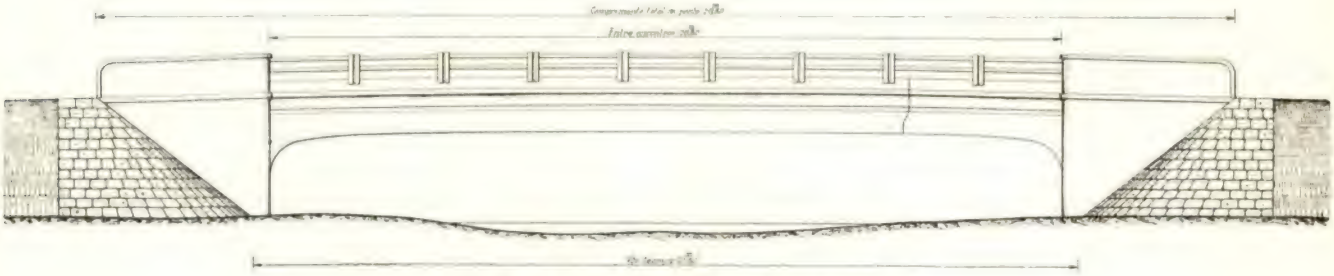
Os montantes do pórtico, que têm 4,50 m de altura, fazem de muro de testa e formam com os muros de avenida, os encontros. Esta disposição evita os muros de testa de suporte das terras dos cofres dos encontros o que dá grande economia de betão.

Os montantes são desligados dos muros de avenida, por juntas de dilatação especiais, juntas que permitem o bom funcionamento do sistema, mas que são, no entanto, estanques à passagem das águas de infiltração ou à passagem das águas do rio para dentro dos encontros. A rasante é parabólica, com a flecha máxima 0,125 m ao centro, disposição que dá melhor aspecto ao conjunto, diminue ligeiramente o volume dos encontros, baixa as estradas de acesso e, sob o ponto de vista da estabilidade, diminue a excentricidade das linhas das pressões na região central do vão, que é vantajoso, principalmente para a economia de ferro das armaduras tendidas.

O pórtico em perfil transversal, na zona em caixotões, é formado por 4 vigas de altura total 0,90 m ligadas por uma laje resistente de 0,20 m de espessura. Para contraventamento destas vigas e para que todo o sistema funcione o mais possível em conjunto, colocámos duas vigas flutuantes, ou travessas que dividem a extensão ôca do tabuleiro em três partes iguais.

As articulações são, como o sistema, de betão armado, formadas pelo contacto de duas superfícies cilíndricas, de raios diferentes, uma convéxa e outra côncava [1] calculadas de modo a que as armaduras resistam só por si à totalidade das tracções.

Os planos tangentes às superfícies cilíndricas das articulações correspondem muito aproximadamente à normal à posição média dos esforços para as várias hipóteses de sobrecarga. Os esforços tangenciais ficam



Desenho n.º 1 — **Conjunto da ponte** (alçado)

[1] Quando da execução da obra entendeu-se ser preferível alterar o tipo de articulações para evitar construir as superfícies cilíndricas de raios diferentes. Por simplicidade, construíram-se *articulações girantes*, constituídas por um tubo cilíndrico de fibro-cimento, atacado de argamassa, que faz charneira com as extremidades dos dois elementos do pórtico, que nêle concorrem.

assim muito reduzidos mas, no entanto, colocaram-se travessões metálicos capazes de resistirem, só por si, a todos os esforços tangenciais.

O desenho de conjunto, os alçados, plantas e cortes e os desenhos de pormenor das armaduras do pórtico e das articulações, que se indicam no desenho n.º 3, darão, finalmente, uma ideia da obra e da forma dos seus elementos constitutivos.

5 — Como se calculou o pórtico

O pórtico é, por condições de ligação exterior, na direcção longitudinal, uma estrutura isostática, o que não obriga a conhecer-se o módulo de elasticidade dos materiais e os momentos de inércia das secções heterogéneas, nem também o grau de assentamento das fundações e os efeitos das variações termo-higrométricas ou da plasticidade do betão. Por isso, nenhuma hipótese há a fazer para o cálculo do sistema a não ser quanto ao funcionamento das articulações e quanto à distribuïção das cargas concentradas no sentido transversal.

Admitiu-se, devido à presença das travessas entre nervuras longitudinais e à região maciça junto dos ângulos, que tôda a estrutura funcionava em conjunto como se fôsse um sistema a duas dimensões. Isto é, admitiu-se que uma carga concentrada se distribuía uniformemente por tôda a largura do sistema, menos para o cálculo da laje entre nervuras, o que não é exacto.

No entanto, segundo os ensaios experimentais realizados sôbre modelos reduzidos e pelos resultados da própria prova de carga da ponte, que se efectuou com um camião, concluímos que o êrro cometido era admissível, desde que existissem várias cargas concentradas na mesma linha transversal. E, como esta hipótese corresponde à solicitação mais desfavorável, a distribuïção transversal da carga corresponde, como concluímos dos ensaios, a cometer um êrro da ordem dos 15 %, no máximo, em relação à totalidade dos esforços.

A estrutura foi então calculada analìticamente pelas equações da Estática, baseando-nos nos dados experimentais. Determinámos as ordenadas das linhas de influência dos momentos flectores, dos esforços normais e dos esforços tangenciais nas diferentes secções, linhas que permitiram calcular os esforços devidos à carga permanente e às sobrecargas rolantes e uniformes. Para tal, foi suficiente, como se sabe, multiplicar as áreas parciais dessas linhas de influência ou as suas ordenadas pelas cargas permanentes parciais ou pelas sobrecargas concentradas, consoante o caso.

Os esforços devidos ao impulso das terras foram obtidos a partir das linhas das pressões correspondentes, considerando a estrutura como um arco de três articulações.

Desprezou-se a frenagem dos veículos sôbre a ponte, cujos efeitos são cêrca de 5 % dos valores máximos totais. Esta acção foi estudada nas provas da ponte, pela frenagem brusca do camião em diferentes pontos do tabuleiro.

Agrupando convenientemente os esforços da carga permanente com os das sobrecargas e do impulso das terras, para tôdas as hipóteses mais desfavoráveis, obtiveram-se os esforços máximos totais positivos e negativos para cada secção.

Conhecidos êsses esforços calcularam-se as tensões no betão e no ferro pelo «método de Möhr» e, por se tratar dum sistema trabalhando à flexão composta, calcularam-se as tensões principais e as suas inclinações respectivas, para fazer absorver as tracções por armaduras adequadas, nas zonas em que o trabalho de segurança do betão é ultrapassado.

Estudaram-se os movimentos angulares e lineares dos diversos pontos da estrutura, em particular das articulações, pelos processos habituais gráfico-analíticos, mas, por êste assunto se afastar do problema, que quisemos focar, dispensamo-nos de os descrever. Por análogas razões não se apresentam os processos de cálculo dos restantes elementos da estrutura.

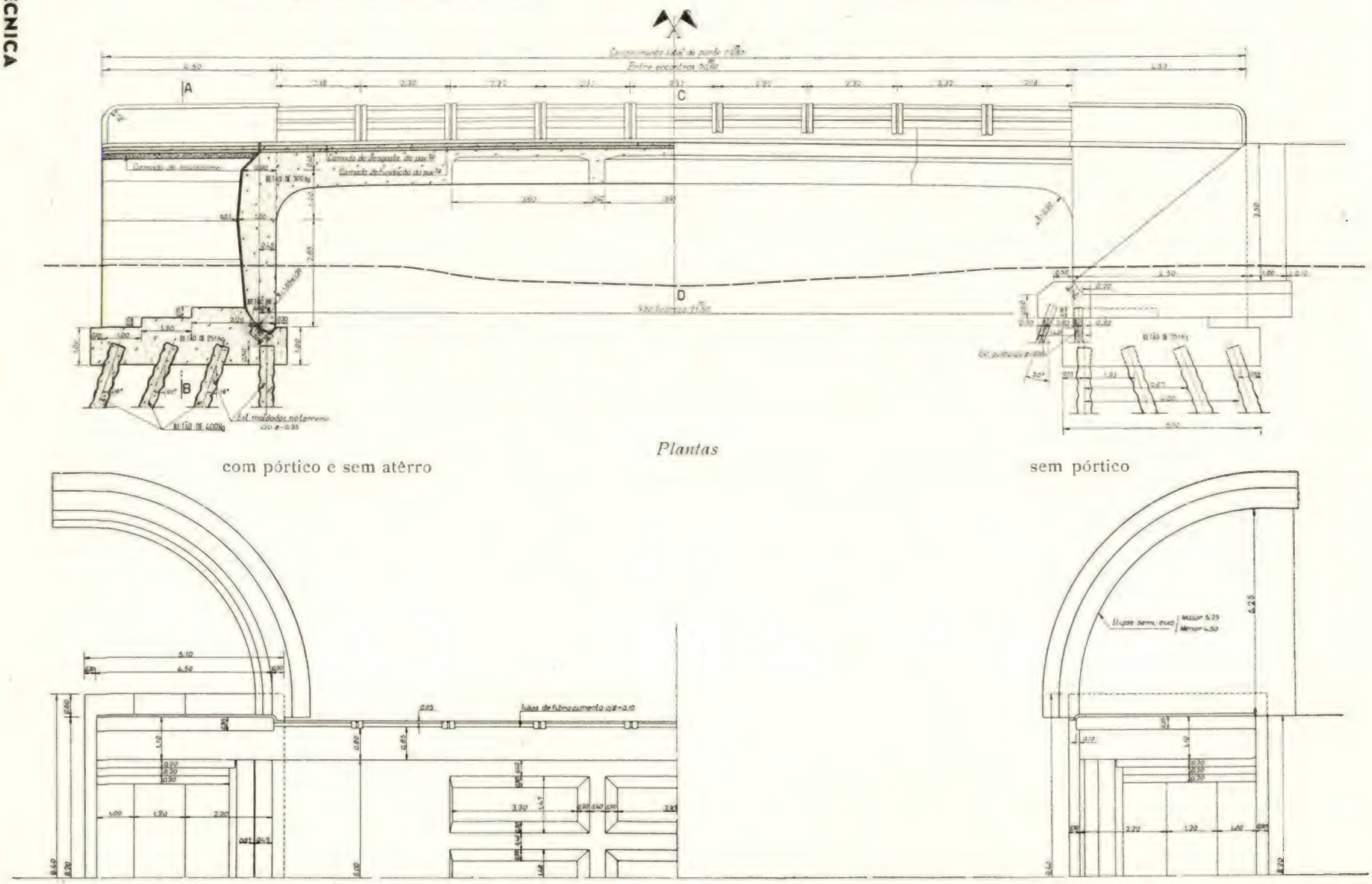
6 — Provas de carga

Por se tratar duma obra de tipo especial, de que não possuíamos exemplos, quisemos saber como se comportaria o sistema sob a

Corte longitudinal pelo eixo da estrada — *Alçado com vista das fundações*

Plantas

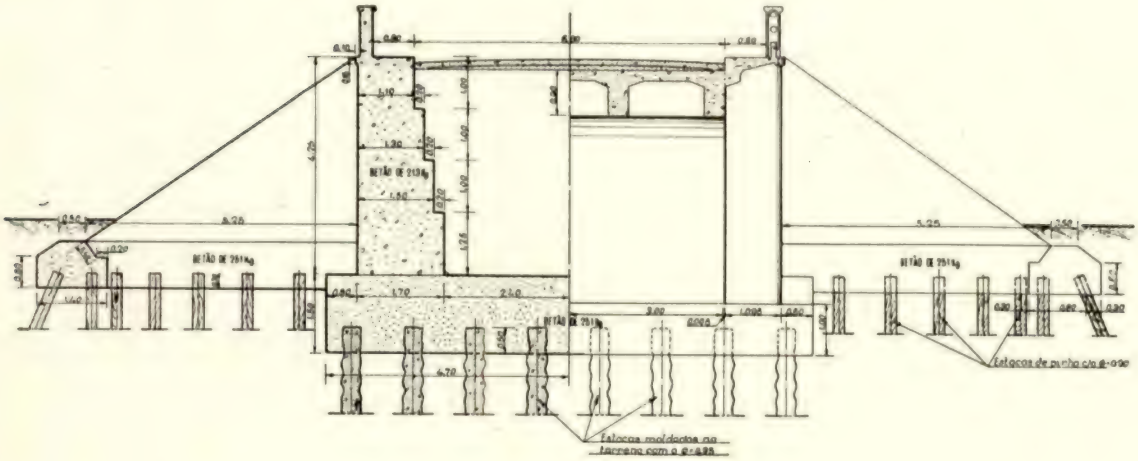
com pórtico e sem atêrro — sem pórtico



Desenho n.º 2 — **Alçado, plantas e cortes da ponte**

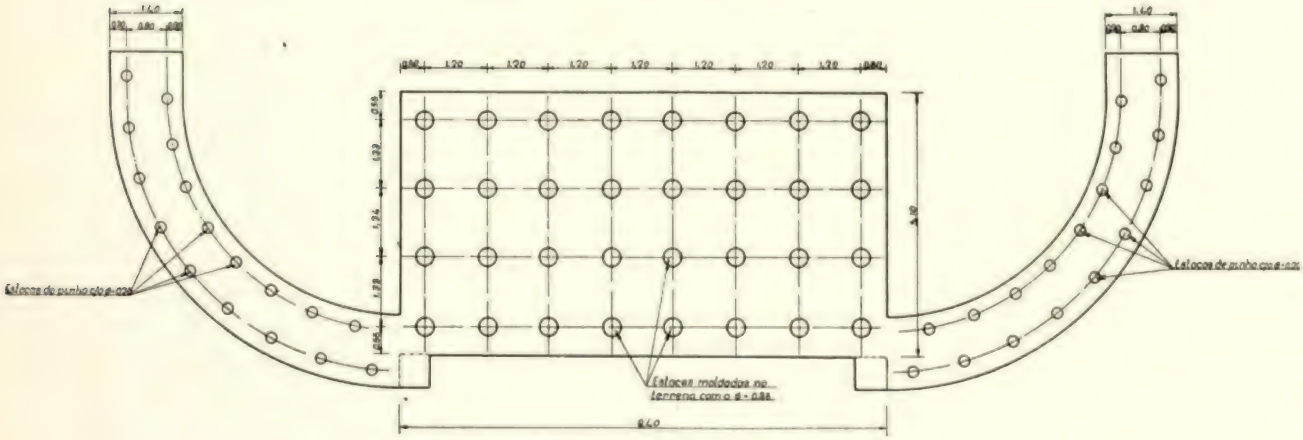
Cortes transversais

pelos encontros (corte A B) pelo meio do vão (corte C D)



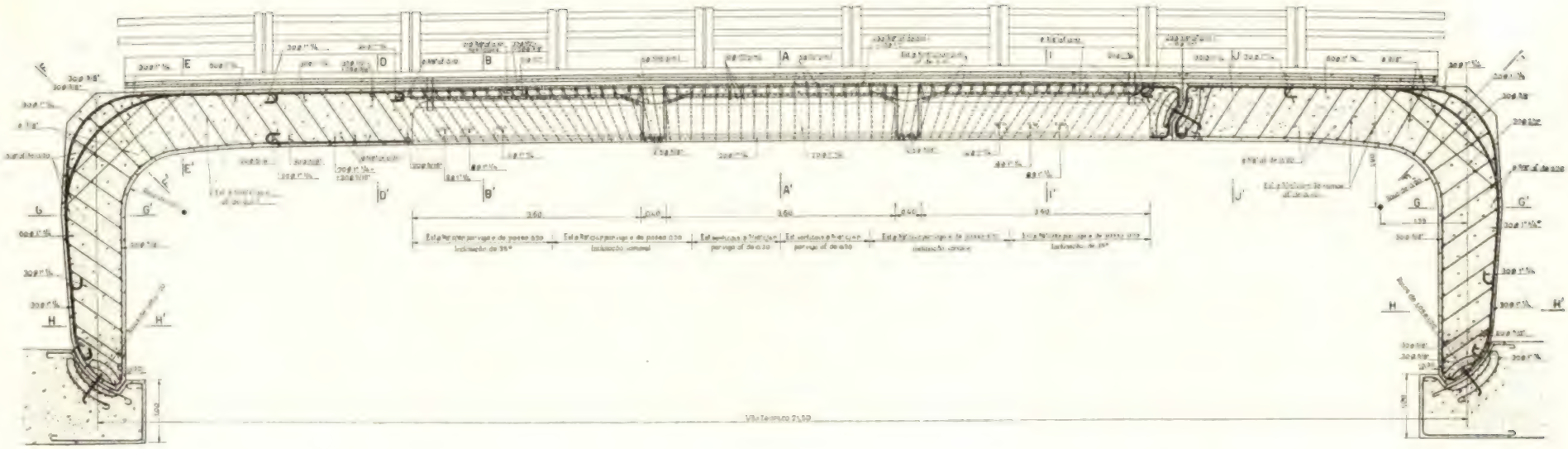
Planta das fundações

(distribuïção das estacas das sapatas dos encontros e dos quartos de cone)



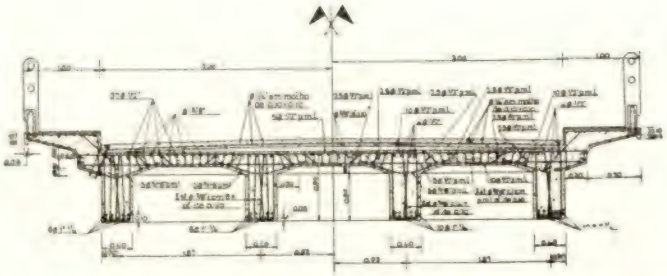
Desenho n.º 2 *(continuação)*

Corte longitudinal



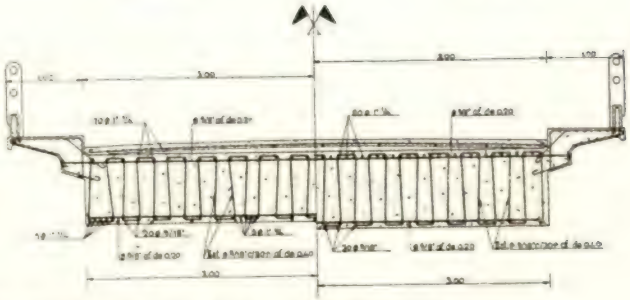
Cortes transversais

por B B'



por A A'

por D D'

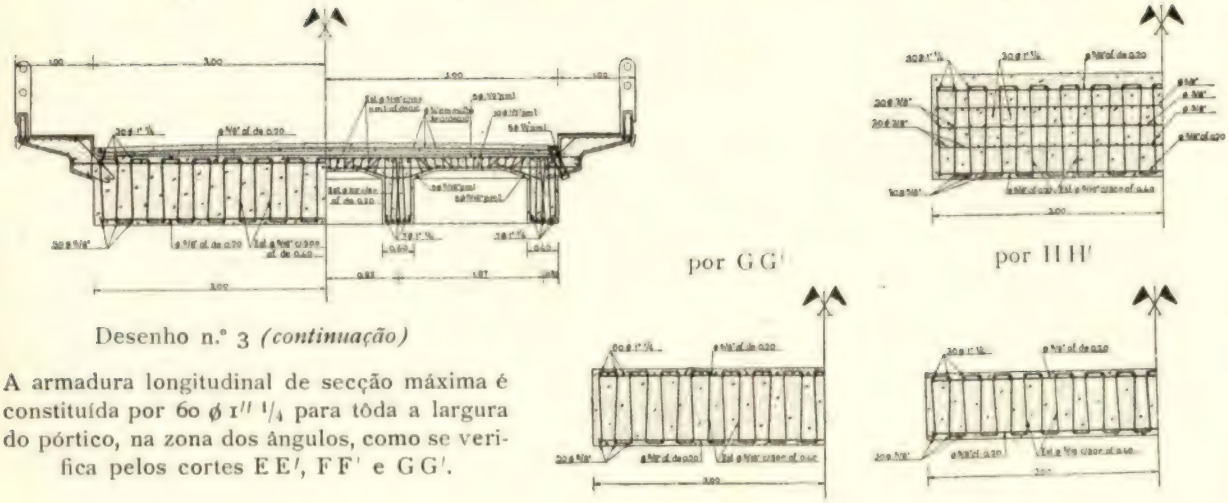


por E E'

Desenho n.° 3 — **Distribuïção das armaduras do pórtico e das articulaçõs**. No corte longitudinal os ferros das nervuras são indicados a ponteado. Como se verifica, cada nervura tem, a meio vão, 10 ferros de ø 1'' 1/4 na zona de tracção o que é de facto pouco para um vão útil de 20,50 m.

Cortes transversais

por JJ' por II' por F F'



Desenho n.º 3 *(continuação)*

A armadura longitudinal de secção máxima é constituída por 60 ϕ 1'' 1/4 para tôda a largura do pórtico, na zona dos ângulos, como se verifica pelos cortes E E', F F' e G G'.

acção das sobrecargas rolantes. Interessava-nos verificar até que ponto podem ser válidos os cálculos teóricos seguidos e, ainda, saber se o funcionamento elástico da estrutura era ou não análogo aos dos modelos reduzidos construídos com materiais elásticos. Em particular, pretendíamos conhecer o valor do atrito das articulações, a influência das juntas de dilatação, a ordem de grandeza das deformações angulares e lineares das diversas secções da estrutura e o valor das tensões nos diferentes pontos, pela passagem das sobrecargas rolantes estáticas e dinâmicas e, neste último caso, com ou sem frenagem.

A prova foi realizada com a ponte ainda na última fase de construção, sem o pavimento da faixa de rolagem para que melhor se pudessem relacionar os resultados com os cálculos teóricos, cálculos que não consideram a influência da laje do pavimento. Por outro lado, melhor se podia examinar o comportamento da estrutura pela análise directa da superfície superior da estrutura resistente.

Os aparelhos utilizados para a medida dos deslocamentos lineares absolutos e relativos dos diferentes pontos da estrutura foram os conhecidos flechímetros registadores «Richard» com uma segunda alavanca exterior improvisada, para maior amplificação. As dilatações das fibras do material foram medidas com extensómetros «Huggenberg» de amplificação 1000 e com base de medida do aparelho 0,50 e 1,00 m.

Utilizou-se um camião de 7 t, de 2 eixos afastados de 4,05 m e de 1,70 m entre rastos, correspondendo cêrca de 2,5 t à frente e 4,5 t à retaguarda.

Verificou-se inteira concordância dos cálculos analíticos com os resultados dos extensómetros, pelo que se refere às tensões do betão, para um módulo de elasticidade do betão $E = 268.000$ kg/cm^2.

A posição do camião na direcção transversal da ponte tem sôbre as tensões uma influência análoga à que se observa nos modelos reduzidos. De facto, a secção transversal da superfície de influência das tensões junto a um passeio, é, sensìvelmente, um ramo de parábola, de vértice no passeio oposto, com a convexidade voltada para cima, como se vê pela Fig. n.º 6 a), obtida nas provas da ponte. Esta linha, que concorda perfeitamente com os resultados dos modelos, mostra claramente o êrro que se cometeria se calculássemos cada nervura do sistema como viga independente e submetida às reacções da laje. Dois camiões colocados a par e o mais possível junto ao passeio da direita, na figura, dariam um acréscimo de tensões à volta de 30 % em relação à distribuïção uniforme, o que corresponde a um êrro de 12 % em relação aos esforços totais, como havíamos dito.

As articulações tinham um funcionamento bastante perfeito, com reduzido atrito, como se verificou. De facto, a passagem do camião provocava desvios, que voltavam pràticamente a zero, alguns instantes depois da ponte se achar livre, o que não aconteceria se existissem atritos apreciáveis.

Fig. 6

No entanto, os desvios angulares e os deslocamentos verticais observados foram bastante menores do que se havia previsto pelo cálculo analítico. O atrito nas juntas de dilatação do pórtico (entre os montantes e os muros de avenida) era, a nosso ver, a principal causa da não recuperação instantânea dos desvios. Julga-se que esta acção das juntas de dilatação é benéfica por servir de amortecedor aos deslocamentos horizontais, produzidos pela frenagem.

A frenagem, sôbre a ponte, produz importantes desvios e dá, instantâneamente, um acréscimo apreciável às tensões, como se observou pelos extensómetros, devido à acção dinâmica. A acção estática da frenagem, considerada no cálculo, assemelhada a uma fôrça horizontal de determinada intensidade, produz esforços bastante menores.

Ainda como fazendo parte dos ensaios da obra diremos duas palavras sôbre os resultados obtidos na operação do descimbramento.

Interessava verificar se as fundações sofreriam alguma deformação horizontal e como o sistema funcionaria sob a acção do próprio pêso.

Instalaram-se flechímetros entre os encontros e as extremidades do pórtico e ainda uns outros aparelhos para se medirem os deslocamentos vertical e angular da articulação da viga.

Retiraram-se sucessivamente os aparelhos de descimbramento (que eram simples cunhas de madeira), começando por os que se localizavam sob a articulação, para o lado do vão e depois de todos os dêsse lado estarem sem trabalho retiraram-se os do lado oposto.

Não podemos afirmar se o cimbre estaria em pleno funcionamento e se o pórtico já teria entrado em carga antes da operação do descimbramento. É mesmo natural que o cimbre já estivesse um pouco aliviado tanto mais que se notavam descolamentos nas juntas de dilatação. Por isso não podemos obter com precisão o afastamento dos encontros e os deslocamentos da articulação.

Quanto ao primeiro, a avaliar pela espessura das fendas de descolamento e pelos valores dados pelos flechímetros, podemos, no entanto, afirmar que o afastamento das fundações foi ùnicamente de alguns décimos de milímetro.

O deslocamento vertical da articulação foi de $\frac{50}{76} = 0{,}65$ mm, segundo o registo obtido e que se apresenta na Fig. 7. Os degraus da curva do gráfico correspondem a cada grupo de aparelhos de descimbramento que se ia retirando.

O registo mais curioso é o das variações angulares da articulação da viga durante a operação do descimbramento, que se representa na Fig. 8. A articulação começou a abrir por cima até se retirarem as cunhas até ao meio vão. À medida que se prosseguia no desapêrto das cunhas, a articulação tendia para a sua posição inicial, atingindo-a quando se retiraram as cunhas sensìvelmente até à vertical do ponto simétrico da articulação. Continuando a retirar as cunhas dêsse mesmo lado a articulação agora abre, por cima, em vez de fechar. Finalmente, retirando as cunhas, que restavam do lado da articulação, esta tomou precisamente a sua posição inicial. Quere dizer, a carga

permanente, não desviando dum modo apreciável os encontros, actuou na estrutura como se esta fôsse um pórtico hiperestático de 2 articulações com um dos pontos de elástico através de modelos reduzidos e com ensaios sôbre a própria obra, depois de executada a estrutura resistente, não só no descimbramento mas ainda para a passagem

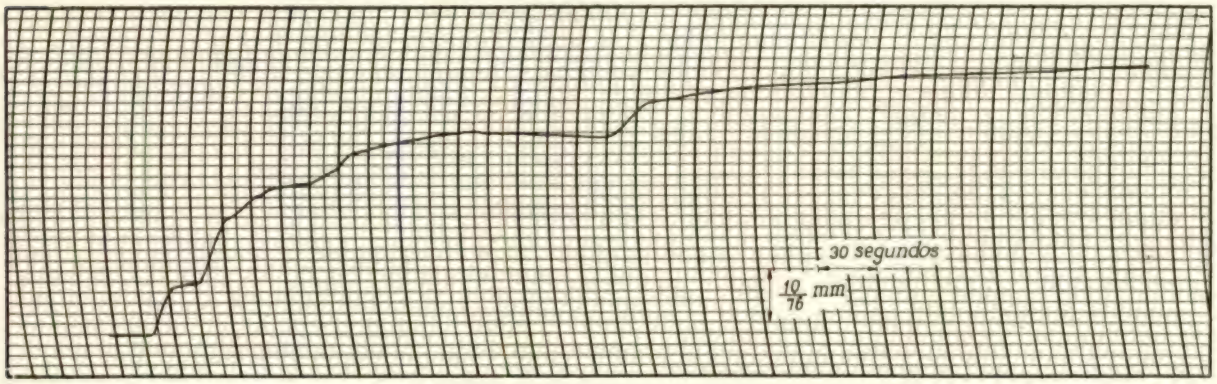


Fig. 7

Gráfico do movimento vertical da articulação da viga durante a operação do descimbramento, obtido com um flechímetro registador «Richard»

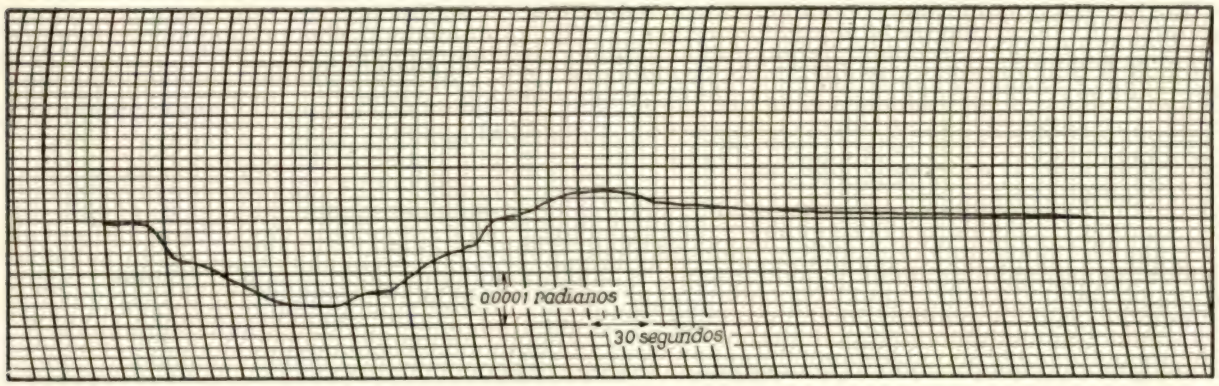


Fig. 8

Gráfico das variações angulares da articulação da viga, obtido durante a operação de descimbramento. Essas variações angulares foram registadas por um flechímetro «Richard» instalado na junta de articulação

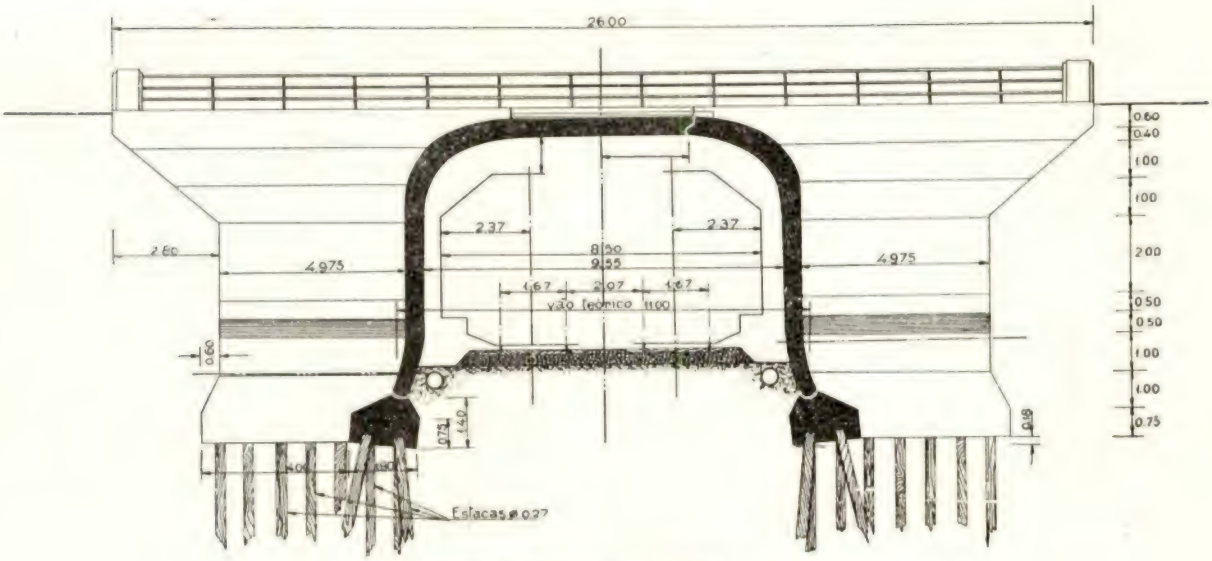
inflexão localizado na posição correspondente à articulação da viga. Êste facto confirma o princípio que deu origem ao pórtico de três articulações, que preconizamos.

7 — Considerações gerais

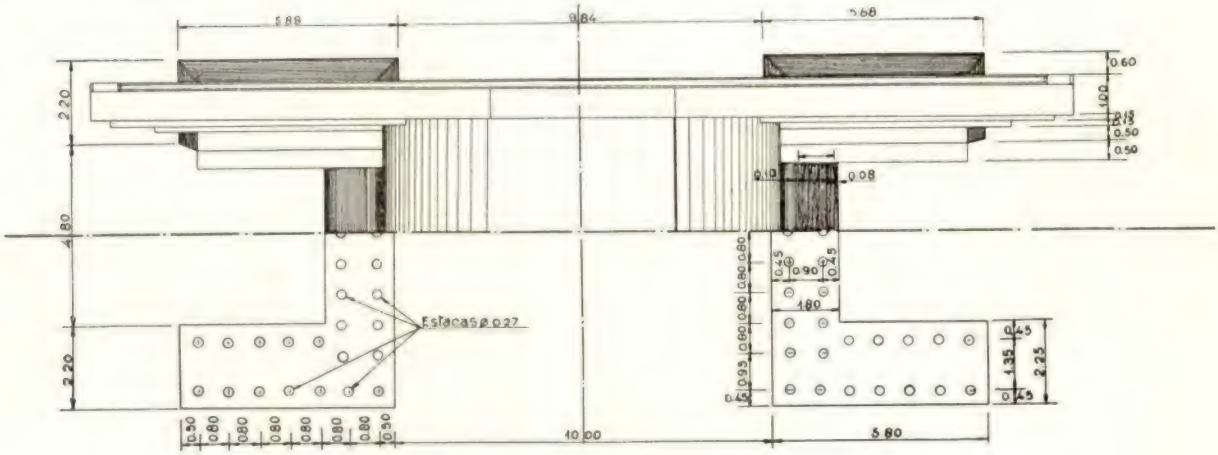
Acabamos de verificar a possibilidade de realização duma estrutura em pórtico triarticulado de betão armado, como elemento de principal resistência duma ponte de estrada. Comprovámos o seu funcionamento das sobrecargas rolantes. Restaria comprovar o funcionamento do sistema depois da obra completamente terminada, o que ainda não foi possível. No entanto, passados alguns meses sôbre a conclusão da obra, nenhuma anomalia se notou ainda.

É portanto de crêr que o sistema possa ser aplicado com as vantagens indicadas em casos semelhantes ao apresentado, quer para vãos menores — pequenos pontões — quer para grandes vãos da ordem dos 40 ou 50 m.

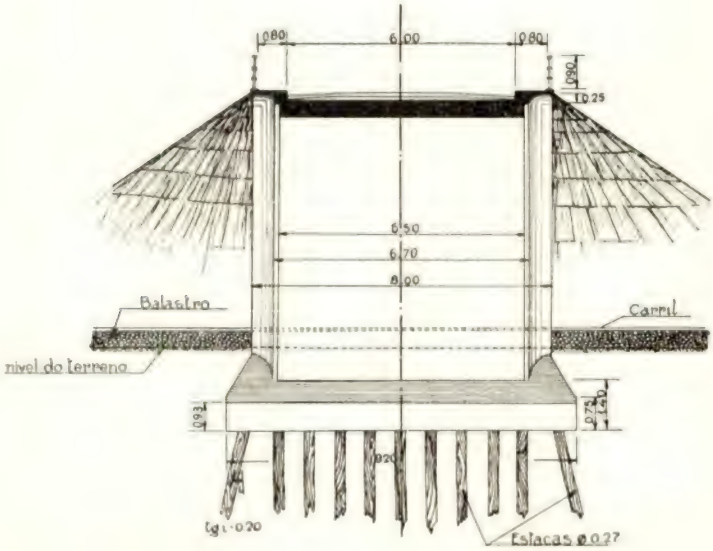
Corte longitudinal



Planta sem enchimentos e planta das fundações



Corte transversal



Desenho n.º 4 — **Passagem superior ao caminho de ferro, para via dupla.** A estrutura resistente é uma laje curva de betão armado, de espessura variável. Tem funcionamento análogo ao do pórtico encastrado mas é isostática por condições de ligação exterior (desde que se considerem as sobrecargas uniformemente distribuïdas na direcção transversal) por ser triarticulada.

De facto, mesmo para pequenos vãos, da ordem dos 10 m há uma grande economia de materiais e de mão de obra. Assim, o ferro que se gastaria nos montantes do pórtico, adicionado ao do elemento horizontal, é sensivelmente o mesmo que se consumiria numa viga simplesmente apoiada de igual vão útil. Em compensação, a economia obtida nos encontros — que deixariam de ter muros de testa — nas fundações, que passariam a ser melhor solicitadas e a facilidade de execução, por ser possível empregar um sistema em laje sem nervuras, como indica o desenho n.º 4, além da menor «altura perdida» com a conseqüente economia nas estradas de acesso, fazem com que se dê preferência ao pórtico isostático.

Para maiores vãos, a viga simplesmente apoiada torna-se excessivamente cara, podendo dizer-se que o limite prático de realização é 18 m.

O pórtico poderá, em condições razoáveis, atingir 40 a 50 m de vão; tudo depende da altura dos montantes, dos terrenos de fundação, etc. Para maus terrenos e pequena altura de montantes — hipóteses mais desfavoráveis — um vão de 25 a 30 m é perfeitamente admissível.

É claro que a estrutura pórtico simples triarticulado, tal como a apresentámos, pode sofrer variações de interêsse. Pode, por exemplo, ter a viga prolongada para fóra do vão, para cada lado, em consola, como indica a Fig. 9, a-fim-de evitar a construção dos encontros, solução que é conside-

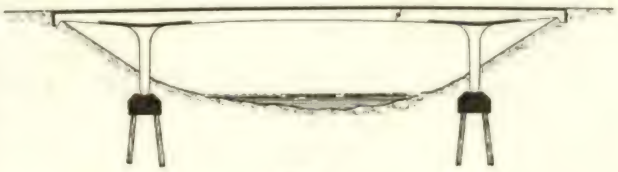


Fig. 9

ràvelmente mais económica que a viga «cantilever» sôbre dois pilares.

***

No exemplo, aqui pormenorizado, o ferro necessário para as armaduras é pouco mais do que gastaria uma ponte de três tramos simplesmente apoiados e cêrca de metade do ferro dum tramo único com vigas de tabuleiro inferior. Em qualquer caso, mas especialmente em relação à ponte de três tramos, a economia é apreciável, pois suprimem-se dois pilares e as respectivas fundações, sem aumento de unidades de trabalho nos encontros.

A ponte foi construída em regimen de administração directa, tendo-se empregado na sua execução 18 t de ferro nas armaduras e cêrca de 500 m^3 de betão de diferentes dosagens de cimento.

A obra foi orçamentada em 467.541$00 tendo os trabalhos terminado com um saldo de cêrca de 60.000$00.

A teoria da semelhança e a sua aplicação aos ensaios com modelos reduzidos

POR FERNANDO MANZANARES ABECASIS
(DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL)

O presente trabalho faz parte do primeiro tirocínio do autor. Não tem, nem pretende ter, novidade alguma no campo da Hidráulica. Contudo, como se trata duma questão que vem assumindo, dia a dia, maior importância, e que não é estudada em nenhuma das cadeiras dêste Instituto, julgou o autor poder ser útil aos seus colegas, publicando-o.

Dado o grande número de variáveis que influem num fenómeno hidráulico, a insuficiência das hipóteses formuladas para o seu estudo teórico e as dificuldades de cálculo que surgem nêsse mesmo estudo, torna-se muitas vezes difícil, complicada e mesmo incerta, para não dizer impossível a resolução teórica de problemas desta natureza, mesmo que a aproximação exigida seja apenas grosseira.

Foi em vista a resolver esta dificuldade que se procurou estudar estes problemas com modelos em escala reduzida.

A teoria da semelhança, que passamos brevemente a expôr, permite-nos tirar do estudo do fenómeno em modêlo reduzido, conclusões sôbre o comportamento hidráulico do original.

Podemos considerar entre dois fenómenos hidráulicos, vários tipos de semelhança, mais ou menos extensa, conforme as grandezas que nela intervêm. Assim teremos:

1) Semelhança geométrica — diz-se que dois fenómenos hidráulicos são geomètricamente semelhantes quando existe uma relação constante entre comprimentos correspondentes, nos dois fenómenos e, portanto, entre grandezas geométricas homólogas.

2) Semelhança material — há semelhança material quando há uma relação constante entre massas homólogas.

3) Semelhança cinemática — existe, quando há uma relação constante entre as velocidades que animam pontos homólogos, consideradas vectorialmente, isto é, deve haver relação constante entre as grandezas das velocidades e identidade de direcções.

4) Semelhança mecânica — quando entre os dois fenómenos hidráulicos se verifica a semelhança geométrica, material e cinemática. É a semelhança que nos interessa, na hidráulica.

Podemos, mais concretamente, dizer que há semelhança mecânica entre dois fenómenos hidráulicos quando os movimentos se dão segundo trajectórias geomètricamente semelhantes e quando existe uma relação constante entre as pressões, uma relação constante entre a grandeza das velocidades (a direcção, dada a condição de semelhança geométrica das trajectórias, é, evidentemente, a mesma, em relação aos triedros de referência) e, dum modo geral, uma relação determinada entre as características hidráulicas correspondentes, em dois pontos homólogos dos dois fenómenos. Esta relação varia, geralmente, com a característica conside-

rada, mas permanece constante, para uma dada grandeza, qualquer que seja o grupo de pontos homólogos escolhido.

Poderíamos, ainda, dizer que há semelhança física quando existe semelhança referente a qualquer outra entidade física, não mecânica, como seja a viscosidade, o módulo de elasticidade, etc. . . .

Uma vez dada a definição de semelhança vamos ver um teorema, que não demonstraremos, que é um poderoso auxiliar no estudo da hidráulica. Trata-se do teorema dos parâmetros adimensionais.

Se, num dado fenómeno, uma variável A_1 depende das variáveis independentes A_2, A_3. . . A_n e de mais nenhuma, a relação funcional entre essas variáveis, pode ser escrita:

$$A_1 = f(A_2, A_3 \ldots A_n)$$

ou, em forma implícita:

$$(1) \qquad f(A_1, A_2, A_3 \ldots A_n) = 0$$

que será a equação que rege o fenómeno.

O teorema dos parâmetros adimensionais diz-nos que se tomarmos como fundamentais m dessas grandezas A_p, A_q, $A_l \cdots$, A_m (em geral 3), a equação (1) pode escrever-se da forma:

$$F(\pi_1, \pi_2, \pi_3 \ldots \pi_{n-m}) = 0$$

em que os π são parâmetros adimensionais dependentes de $m + 1$ variáveis, das quais só uma varia de parâmetro para parâmetro, sendo as outras m as tomadas para fundamentais:

$$\pi_i = \frac{A_p^{x_i} A_q^{y_i} A_l^{z_i} \cdots A_m^{t_i}}{A_i}$$

x_i y_i z_i . . . t_i são as dimensões da grandeza A_i em relação a A_p, A_q, $A_l \cdots A_m$.

Ora num fenómeno hidráulico temos a considerar quatro espécies de grandezas:

1) *Geométricas* — são as que servem para caracterizar as dimensões e características geométricas dos corpos que intervêm no fenómeno: diâmetro da tubagem, profundidade do fluido, dimensões dum corpo arrastado, etc. . . . Estas grandezas, em número variável, têm como dimensão L. Designá-las-emos por a, b, c, etc. . . .

2) *cinemáticas* — são as características cinemáticas do fenómeno, como seja o caudal ou a velocidade média, máxima, etc. Adoptaremos normalmente a velocidade média v, facilmente relacionável com o caudal, por intermédio da secção líquida.

3) *dinâmicas* — são grandezas de dimensões análogas às duma fôrça $M L T^{-2}$, como sejam resistências ao movimento, diferenças de pressão, etc. . . . Tomaremos normalmente, como grandeza dêste género o valor médio τ da resistência oferecida pela unidade de superfície exposta à acção do fluido. E, finalmente:

4) *físicas* — são aquelas que caracterizam físicamente o fluido. Podemos considerar como tais a densidade ρ, a viscosidade μ, $\left(\text{ou melhor, a viscosidade cinemática } \nu = \frac{\mu}{\rho}\right)$, a tensão superficial σ e o módulo de elasticidade e, pelo menos, nos casos mais gerais. Interessa também a aceleração da gravidade g.

Então, a lei que rege um fenómeno hidráulico será do tipo:

$$f(a, b, c, \ldots, v, \tau, g, \rho, \mu, \sigma, e) = 0 .$$

Escolhamos, para grandezas fundamentais uma cinemática como a velocidade v, uma geométrica, por exemplo a, e uma física, como seja a densidade ρ, de dimensões respectivamente: L, $L T^{-1}$ e $M L^{-3}$ e apliquemos o teorema dos parâmetros adimensionais. Procuremos êsses parâmetros, correspondentes às restantes grandezas. Será:

$$\pi_1 = a^{x_1} v^{y_1} \rho^{z_1} b^{-1} .$$

Dada a adimensionalidade dos parâmetros, há-de ser:

$$(L)^{x_1} (L T^{-1})^{y_1} (M L^{-3})^{z_1} L^{-1} = M^0 L^0 T^0$$

Donde:

$$L^{x_1 + y_1 - 3z_1 - 1} \times T^{-y_1} \times M^{z_1} = M^0 L^0 T^0$$

e:

$$\begin{cases} x_1 + y_1 - 3z_1 - 1 = 0 \\ -y_1 = 0 \\ z_1 = 0 \end{cases}$$

donde:

$$x_1 = 1 \quad y_1 = 0 \quad z_1 = 0$$

e, portanto:

$$\pi_1 = \frac{a}{b}$$

Procedendo idênticamente, vem:

$$\pi_2 = a^{x_2}\, v^{y_2}\, \rho^{z_2}\, e^{-1}$$

$$\pi_2 = \frac{a}{e}$$

$$\pi_3 = a^{x_3}\, v^{y_3}\, \rho^{z_3}\, \tau^{-1}$$

$$(L)^{x_3} (L\, T^{-1})^{y_3} (M\, L^{-3})^{z_3} (M\, L^{-1}\, T^{-2})^{-1} = M^0\, L^0\, T^0$$

$$\begin{cases} x_3 + y_3 - 3z_3 + 1 = 0 \\ -y_3 + 2 = 0 \\ z_3 - 1 = 0 \end{cases}$$

$$x_3 = 0 \quad y_3 = 2 \quad z_3 = 1$$

logo:

$$\pi_3 = \frac{v^2\, \rho}{\tau}$$

$$\pi_4 = a^{x_4}\, v^{y_4}\, \rho^{z_4}\, g^{-1}$$

$$(L)^{x_4} (L\, T^{-1})^{y_4} (M\, L^{-3})^{z_4} (L\, T^{-2})^{-1} = M^0\, L^0\, T^0$$

$$\begin{cases} x_4 + y_4 - 3z_4 - 1 = 0 \\ -y_4 + 2 = 0 \\ z_4 = 0 \end{cases}$$

$$x_4 = -1 \quad y_4 = 2 \quad z_4 = 0$$

$$\pi_4 = \frac{v^2}{g\, a}$$

$$\pi_5 = a^{x_5}\, v^{y_5}\, \rho^{z_5}\, \mu^{-1}$$

que dá:

$$x_5 = 1 \quad y_5 = 1 \quad z_5 = 1$$

$$\pi_5 = \frac{v\, a\, \rho}{\mu} = \frac{v\, a}{\mu/\rho}$$

$$\pi_6 = a^{x_6}\, v^{y_6}\, \rho^{z_6}\, \sigma^{-1}$$

$$x_6 = 1 \quad y_6 = 2 \quad z_6 = 1$$

$$\pi_6 = \frac{a\, v^2\, \rho}{\sigma} = \frac{v^2\, a}{\sigma/\rho}$$

$$\pi_7 = a^{x_7}\, v^{y_7}\, \rho^{z_7}\, e^{-1}$$

$$x_7 = 0 \quad y_7 = 2 \quad z_7 = 1$$

$$\pi_7 = \frac{v^2\, \rho}{e} = \frac{v^2}{e/\rho}$$

A eqüação adimensional que rege o fenómeno será, pois:

$$F\left(\frac{a}{b}, \frac{a}{e} \ldots, \frac{v^2\, \rho}{\tau}, \frac{v^2}{g\, a}, \frac{v\, a}{\mu/\rho}, \frac{v^2\, a}{\sigma/\rho}, \frac{v^2}{e/\rho}\right) = 0$$

Surgem assim os números de Froude, Reynolds, Weber e Cauchy, que traduzem, respectivamente, a influência no fenómeno do pêso, da viscosidade, da capilaridade e da elasticidade e que se designam normalmente por F, R, W e C:

$$F = \frac{v^2}{g\, a} \quad R = \frac{v\, a}{\mu/\rho} \quad W = \frac{v^2\, a}{\sigma/\rho} \quad C = \frac{v^2}{e/\rho}$$

O número de Cauchy é, por vezes, conhecido por número de Rayleigh. Dos outros parâmetros, as entidades $\frac{a}{b}$, $\frac{a}{e}$, ... representam as sujeições geométricas do fenómeno. O parâmetro $\frac{v^2\, \rho}{\tau}$ caracteriza o escoamento do fluido perfeito, considerado na hidrodinâmica clássica. Assim os termos $\rho\, v^2$ e $\tau = \Delta p$ (pois que τ é uma diferença de pressão) são proporcionais, respectimente à energia cinética e à energia potencial de pressão da partícula fluida.

A influência da gravidade, da viscosidade, da capilaridade e da tensão superficial, num fenómeno hidráulico exerce-se ùnicamente através dos números de Froude, Reynolds, Weber e Cauchy. Verifica-se prática e experimentalmente que a influência dêsses factores num fenómeno hidráulico é tanto

maior quanto menor é o parâmetro correspondente, desde que, em lugar de C, se considere o seu inverso $^1/C$.

A tensão superficial só muito raramente tem influência apreciável, a não ser nos jactos muito finos ou naqueles fenómenos em que a dimensão característica é muito pequena. No que diz respeito à elasticidade, a sua influência não se faz sentir nos casos em que podemos supôr o fluido incompressível, que são quási todos os que dizem respeito à técnica vulgar, com raras excepções, como seja no «golpe de ariete». O número de Cauchy começa a ter certa influência nos escoamentos quando o seu valor se aproxima da unidade, isto é, para velocidades da ordem dos 1.400 m/seg. na água. Vemos, pois, que, nos problemas ordinários, não se torna necessário entrar em linha de conta com a elasticidade do fluido.

As influências que, normalmente, temos de considerar são as da gravidade e da viscosidade. Conforme tem ou não influência a viscosidade, teremos os fluidos considerados como viscosos ou como perfeitos.

Procuremos, baseados nêstes dados, as condições de semelhança mecânica.

Consideremos dois fenómenos, regidos pela mesma lei, a que daremos o nome de original e modêlo, entre os quais supomos existir semelhança mecânica. Seja:

$$f(A_1, A_2 \dots A_n) = 0$$

a eqüação que rege ambos os fenómenos. Os valores que as grandezas A_1, $A_2 \dots A_n$ tomam no modêlo, que designaremos por A''_1, $A''_2 \dots A''_n$, podem-se deduzir, visto haver semelhança, dos valores correspondentes do original, A'_1, $A'_2 \dots A'_n$ multiplicando êstes últimos por constantes K_1 $K_2 \dots K_n$, dependentes da escala escolhida para o modêlo e das dimensões da grandeza considerada:

$$A''_1 = K_1 A'_1$$

$$A_2'' = K_2 A'_2$$

.....

$$A''_n = K_n A'_n$$

Ora sabemos que podemos substituir a relação:

$$f(A_1, A_2 \dots A_n) = 0,$$

por uma outra entre os respectivos parâmetros adimensionais:

$$F(\pi_1, \pi_2, \pi_3 \dots \pi_{n-3}) = 0$$

Sendo:

$$\pi_i = \frac{A_p^{x_i} \; A_q^{y_i} \; A_l^{z_i}}{A_i}$$

Os valores que tomam os vários parâmetros nos dois fenómenos serão:

$$\pi_i'' = \frac{A_p''^{x_i} \; A_q''^{y_i} \; A_l''^{z_i}}{A''_i} \quad e \quad \pi'_i = \frac{A_p'^{x_i} \; A_q'^{y_i} \; A_l'^{z_i}}{A'_i}$$

mas:

$$A_p''^{x_i} = K_p^{x_i} \; A_p'^{x_i}$$

$$A_q''^{y_i} = K_q^{y_i} \; A_q'^{y_i}$$

$$A_l''^{z_i} = K_l^{z_i} \; A_l'^{z_i}$$

$$A_i'' = K_i \; A'_i$$

Logo:

$$\pi_i'' = \frac{K_p^{x_i} \, K_q^{y_i} \, K_l^{z_i} \, A_p'^{x_i} \, A_q'^{y_i} \, A_l'^{z_i}}{K_i \, A'_i} = \frac{A_p'^{x_i} \, A_q'^{y_i} \, A_l'^{z_i}}{A'_i} = \pi'_i$$

visto que sendo x_i, y_i e z_i as dimensões de de A_i em relação a A_p, A_q e A_l, será evidentemente

$$K_i = K_p^{x_i} \; K_q^{y_i} \; K_l^{z_i}$$

Vemos pois que as condições elementares de semelhança se reduzem à identidade, em ambos os fenómenos, dos parâmetros adimensionais correspondentes:

$$\pi_1'' = \pi_1' \quad \pi_2'' = \pi_2' \quad \dots \quad F'' = F' \quad R'' = R'$$
$$W'' = W' \quad C'' = C'$$

É indispensável, portanto, a semelhança geométrica:

$$\frac{a''}{b''} = \frac{a'}{b'} \qquad \frac{a''}{c''} = \frac{a'}{c'}$$

O modêlo deve ser geomètricamente semelhante ao original. Além disso é necessária a identidade ou constância dos números

de Froude, Reynolds, Weber e Cauchy. Esta identidade simultânea dos quatro parâmetros é muito difícil, mesmo impossível, de conseguir na prática. Não podemos, portanto, obter a semelhança completa e temos de nos contentar com uma semelhança aproximada, em que se verifique apenas a constância daquêles parâmetros que mais influência têm no movimento: assim, salvo casos excepcionais, não consideraremos a constância dos números de Weber e de Cauchy, pois que, como vimos, a capilaridade e a elasticidade raramente têm influência nos fenómenos. Do mesmo modo, se num fenómeno intervém predominantemente a acção da gravidade mas a viscosidade não tem qualquer importância (caso dos fluídos perfeitos), contentar-nos-emos com a constância do número de Froude (lei de Froude) Se, pelo contrário, o número de Reynolds atinge valores pequenos, o que indica influência grande da viscosidade, teremos de obter, para conseguir a semelhança, a constância dos números de Reynolds e de Froude. Consideraremos apenas êstes dois casos, que vamos estudar separadamente.

I — *Constância do número de Froude* (líquidos perfeitos).

Suponhamos que a razão da semelhança geométrica entre o modêlo e o original é λ. Designaremos com o índice 2 as grandezas do modêlo e com o índice 1 as do original. Será pois:

$$a_2 = \lambda\, a_1$$
$$b_2 = \lambda\, b_1$$
$$c_2 = \lambda\, c_1$$

Dada a constância do número de Froude ha-de ser:

$$\frac{v_2^2}{g a_2} = \frac{v_1^2}{g a_1}$$

Mas:

$$a_2 = \lambda\, a_1$$

Logo:

$$v_2^2 = \lambda\, v_1^2$$

$$v_2 = \lambda^{\frac{1}{2}}\, v_1$$

ou seja, a escala das velocidades é $\lambda^{\frac{1}{2}}$.

Seja θ a escala dos tempos. Há-de ser, forçosamente:

$$\lambda^{\frac{1}{2}} = \lambda \times \theta^{-1}$$

visto que

$$|v| = LT^{-1}$$

Logo:

$$\theta = \lambda^{\frac{1}{2}}$$

isto é, a escala dos tempos é $\lambda^{\frac{1}{2}}$:

$$t_2 = \lambda^{\frac{1}{2}}\, t_1 .$$

Vejamos, agora, a escala das outras grandezas:

Aceleração:

As dimensões são:

$$|a| = LT^{-2}$$

isto é, a escala será:

$$\lambda \times \lambda^{-1} = 1$$

As acelerações mantêm-se no original e no modêlo:

$$a_2 = a_1$$

Caudais:

$$|Q| = L^3\, T^{-1}$$

e a escala:

$$\lambda^3\, \lambda^{-\frac{1}{2}} = \lambda^{\frac{5}{2}} \qquad Q_2 = \lambda^{\frac{5}{2}}\, Q_1$$

Pressões:

Em altura de água é:

$$\left|\frac{p}{\gamma}\right| = \frac{M\, L^{-1}\, T^{-2}}{M\, L^{-2}\, T^{-2}} = L$$

portanto, a escala é λ, a mesma dos comprimentos.

A relação entre as pressões medidas em unidades de pressão, há-de ser, evidentemente:

$$m\ \lambda$$

sendo m a relação entre as densidades dos líquidos escoados no modêlo e no original:

$$p_2 = m\ \lambda\ p_1$$

Por considerações análogas se chegava à conclusão que a escala das energias era:

$$m\ \lambda^4$$

(pois: $|W| = M L^2 T^{-2} = M L^{-3} L^5 T^{-2}$
logo $m\ \lambda^5\ \lambda^{-1} = m\ \lambda^4$) $W_2 = m\ \lambda^4 W_1$

e a das potências:

$$m\ \lambda^{\frac{7}{2}}$$

visto que:

$$P = \frac{W}{t}$$

donde:

$$\frac{m\ \lambda^4}{\lambda^{\frac{1}{2}}} = m^4\ \lambda^4\ \lambda^{-\frac{1}{2}} = m\ \lambda^{\frac{7}{2}}$$

$$P_2 = m\ \lambda^{\frac{7}{2}}\ P_1$$

Reparemos no valor elevado da relação dos caudais e das potências, o que nos permite estudar, com meios relativamente fracos, fenómenos na realidade enormes.

No caso particular do líquido ser o mesmo no modêlo e no original, teremos:

$$m = 1$$

Pôsto isto, vejamos o segundo caso.

II — *Constância dos números de Froude e Reynolds* (líquidos viscosos)

As escalas, visto se verificar a constância do número de Froude, hão-de obedecer, evidentemente, às relações do parágrafo anterior. Contudo a constância do número de Reynolds vai-nos restringir essas relações e, portanto, a possibilidade de semelhança.

Vejamos que restrições são essas. A constância de R acarreta:

$$R = \frac{v\ a}{\mu/\rho} = cte$$

Substituamos μ/ρ por ν (coeficiente de viscosidade cinemática ou, simplesmente, viscosidade cinemática) e seja k a relação entre ν_2 e ν_1.

Será:

$$\frac{v_2\ a_2}{\nu_2} = \frac{v_1\ a_1}{\nu_1}$$

Ora:

$$a_2 = \lambda\ a_1$$

$$v_2 = \lambda^{\frac{1}{2}}\ v_1$$

e

$$\nu_2 = k\ \nu_1$$

Logo:

$$\frac{\lambda^{\frac{1}{2}}\ \lambda\ v_1\ a_1}{k\ \nu_1} = \frac{v_1\ a_1}{\nu_1}$$

Donde:

$$k = \lambda^{\frac{3}{2}}$$

Isto é, as escalas mantêm-se as mesmas do que para a lei de Froude, mas a semelhança só é possível se a relação entre as viscosidades cinemáticas fôr $\lambda^{\frac{3}{2}}$ o que vem complicar extraordinàriamente o problema, pela dificuldade de obter, na prática, dois líquidos nessas condições.

Resumindo, podemos estabelecer o seguinte quadro para as escalas:

	F = cte	F = cte com o mesmo líquido m = 1	F = cte e R = cte a semelhança só é possível para $k = \lambda^{\frac{3}{2}}$
Comprimentos....	λ	λ	λ
Velocidades.....	$\lambda^{\frac{1}{2}}$	$\lambda^{\frac{1}{2}}$	$\lambda^{\frac{1}{2}}$
Tempos.....	$\lambda^{\frac{1}{2}}$	$\lambda^{\frac{1}{2}}$	$\lambda^{\frac{1}{2}}$
Acelerações.....	1	1	1
Caudais.....	$\lambda^{\frac{5}{2}}$	$\lambda^{\frac{5}{2}}$	$\lambda^{\frac{5}{2}}$
Pressões (em alt. de água).....	λ	λ	λ
Pressões (em unid. de press.).....	$m\ \lambda$	λ	$m\ \lambda$
Energias.....	$m\ \lambda^4$	λ^4	$m\ \lambda^4$
Potências.....	$m\ \lambda^{\frac{7}{2}}$	$\lambda^{\frac{7}{2}}$	$m\ \lambda^{\frac{7}{2}}$

Às mesmas conclusões se poderia chegar, como indicaremos ràpidamente, pelo estudo

das equações do movimento. Com efeito, para os líquidos perfeitos, estas são:

$$\begin{cases} \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = -u' \\ \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} = -v' \\ \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} = -w' - g \end{cases}$$

em que p é a pressão contada positivamente acima da pressão atmosférica, u', v' e w' as componentes da aceleração, ρ a massa específica e x, y, z as coordenadas do ponto considerado em relação a um triedro trirectângulo cujo eixo dos z é dirigido segundo a vertical ascendente. Continuaremos a designar com o índice 1 as grandezas do original e com o índice 2 as do modêlo. Para um ponto do original será:

$$1) \quad \begin{cases} \frac{1}{\rho_1}\frac{\partial p_1}{\partial x_1} = -u'_1 \\ \frac{1}{\rho_1}\frac{\partial p_1}{\partial y_1} = -v'_1 \\ \frac{1}{\rho_1}\frac{\partial p_1}{\partial z_1} = -w'_1 - g \end{cases}$$

Para o ponto homólogo do modêlo será:

$$2) \quad \begin{cases} \frac{1}{\rho_2}\frac{\partial p_2}{\partial x_2} = -u'_2 \\ \frac{1}{\rho_2}\frac{\partial p_2}{\partial y_2} = -v'_2 \\ \frac{1}{\rho_2}\frac{\partial p_2}{\partial z_2} = -w'_2 - g \end{cases}$$

Ora bem, será:

$$\begin{aligned} x_2 &= \lambda x_1 \\ y_2 &= \lambda y_1 \\ z_2 &= \lambda z_1 \\ \rho_2 &= m \rho_1 \\ p_2 &= \alpha p_1 \\ t_2 &= \theta t_1 \end{aligned}$$

chamando α à relação desconhecida entre as pressões.

Para que se dê a semelhança o sistema 2) há-de poder reduzir-se ao sistema 1). Ora o sistema 2), em virtude das relações acima apresentadas, pode-se escrever:

$$\frac{1}{m\rho_1}\frac{\partial(\alpha p_1)}{\partial(\lambda x_1)} = -\lambda\theta^{-2}u'_1 \quad (\text{é } u'_2 = \lambda\theta^{-2}u'_1,$$

por as dimensões duma aceleração serem LT^{-2})

ou seja:

$$\frac{\alpha}{m\lambda} \times \frac{1}{\rho_1}\frac{\partial p_1}{\partial x_1} = -\lambda\theta^{-2}u'_1$$

e anàlogamente:

$$2') \quad \begin{cases} \frac{\alpha}{m\lambda} \times \frac{1}{\rho_1}\frac{\partial p_1}{\partial x_1} = -\lambda\theta^{-2}u'_1 \\ \frac{\alpha}{m\lambda} \times \frac{1}{\rho_1}\frac{\partial p_1}{\partial y_1} = -\lambda\theta^{-2}v'_1 \\ \frac{\alpha}{m\lambda} \times \frac{1}{\rho_1}\frac{\partial p_1}{\partial z_1} = -\lambda\theta^{-2}w'_2 - g \end{cases}$$

Para que 2') se possa reduzir a 1), tem de ser, evidentemente:

$$\frac{\alpha}{m\lambda} = \lambda\theta^{-2} = 1$$

Donde:

$$\theta = \lambda^{\frac{1}{2}}$$

como já tínhamos visto. A partir desta relação deduzem-se tôdas as outras.

Para os líquidos viscosos utilizaremos as equações de Navier. Virá:

$$1) \quad \begin{cases} \frac{1}{\rho_1}\frac{\partial p_1}{\partial x_1} = -u'_1 + \frac{\mu_1}{\rho_1}\Delta u_1 \\ \frac{1}{\rho_1}\frac{\partial p_1}{\partial y_1} = -v'_1 + \frac{\mu_1}{\rho_1}\Delta v_1 \\ \frac{1}{\rho_1}\frac{\partial p_1}{\partial z_1} = -w'_1 + \frac{\mu_1}{\rho_1}\Delta w_1 - g \end{cases}$$

e

$$2) \quad \begin{cases} \frac{1}{\rho_2}\frac{\partial p_2}{\partial x_2} = -u'_2 + \frac{\mu_2}{\rho_2}\Delta u_2 \\ \frac{1}{\rho_2}\frac{\partial p_2}{\partial y_2} = -v'_2 + \frac{\mu_2}{\rho_2}\Delta v_2 \\ \frac{1}{\rho_2}\frac{\partial p_2}{\partial z_2} = -w'_2 + \frac{\mu_2}{\rho_2}\Delta w_2 - g \end{cases}$$

Ora as dimensões de

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

são, evidentemente $L^{-1} T^{-1}$. Logo há-de ser:

$$\frac{\mu_2}{\rho_2} \Delta u_2 = k \lambda^{-1} \theta^{-1} \times \frac{\mu_1}{\rho_1} \Delta u_1$$

pois que k é a relação entre as viscosidades cinemáticas $\frac{\mu}{\rho}$.

Teremos, pois, a nova forma de 2):

$$2') \begin{cases} \frac{\alpha}{m\lambda} \frac{1}{\rho_1} \frac{\partial p_1}{\partial x_1} = -\lambda \theta^{-2} u'_1 + k \lambda^{-1} \theta^{-1} \frac{\mu_1}{\rho_1} \Delta u_1 \\ \frac{\alpha}{m\lambda} \frac{1}{\rho_1} \frac{\partial p_1}{\partial y_1} = -\lambda \theta^{-2} v'_1 + k \lambda^{-1} \theta^{-1} \frac{\mu_1}{\rho_1} \Delta v_1 \\ \frac{\alpha}{m\lambda} \frac{1}{\rho_1} \frac{\partial p_1}{\partial z_1} = -\lambda \theta^{-2} w'_1 + k \lambda^{-1} \theta^{-1} \frac{\mu_1}{\rho_1} \Delta w_1 - g \end{cases}$$

que conduz, forçosamente, a:

$$\frac{\alpha}{m\lambda} = -\lambda \theta^{-2} = k \lambda^{-1} \theta^{-1} = 1$$

que são as mesmas condições que as anteriores, acrescentadas duma nova:

$$k \lambda^{-1} \theta^{-1} = 1$$

Mas como:

$$\theta = \lambda^{\frac{1}{2}}$$

vem:

$$k \lambda^{-1} \lambda^{-\frac{1}{2}} = 1$$

$$k \lambda^{-\frac{3}{2}} = 1$$

$$k = \lambda^{\frac{3}{2}}$$

conclusão a que já tínhamos chegado: a semelhança só é possível se a relação entre as viscosidades cinemáticas no original e no modêlo fôr a potência $\frac{3}{2}$ da escala geométrica.

Bibliografia

CAMICHEL E ESCANDE, *Etude des questions hidrotechniques à l'aide d'essais de laboratoire sur modèles à l'échelle réduite — Comparaison des résultats de ces essais avec ceux des observations directes des phénomènes naturels, afin de faire ressortir entre autres dans quelle mesure se vérifie la loi de similitude.* — 3.ª comunicação da 1.ª secção (navegação interior), XV Congresso Internacional de Navegação, em Veneza (1931).

P. N. J. QUIJANO, Idem.

HUNTER ROUSE, *Fluid Mechanics for hidraulic engineers.*

GIULIO DE MARCHI, *Idraulica.*

SUPINO, *Le reti idrauliche.*

Cálculo dos recipientes de virolas

Elípticas sujeitas a uma pressão interior

O emprêgo de recipientes de virolas elípticas generaliza-se para o transporte dos líquidos em camions ou reboques automóveis. A escolha desta forma justifica-se pelo abaixamento do centro de gravidade que daí resulta.

Chegou-se a encarar a hipótese de recipientes da mesma forma para o transporte de gás sob pressão. Ficam, então, sujeitos a uma pressão interior resultante quer da tensão de vapor do gás liquefeito quer do ar comprimido empregado para o despejo do líquido transportado. Infelizmente, uma pressão interior de alguns quilogramas por cm² exige espessuras de tal modo grandes que o emprêgo destas formas de cisternas torna-se proíbitivo. É o que ressalta do seguinte exemplo:

A cisterna de virolas elípticas considerada deveria ser capaz de resistir a uma pressão de serviço de 2 kg cm². As dimensões da secção da virola eram de 1850 mm para o eixo maior e de 1000 mm para o eixo menor. O construtor não tinha calculado a espessura da chapa. Empregando chapas de 6 mm, julgava ter tido largamente em conta a forma elíptica e a pressão interior que o reservatório devia suportar.

Surpreendidos com as grandes espessuras de chapa obtidas por um primeiro cálculo, efectuámos o cálculo destas virolas por três métodos diferentes.

Notações convencionais

p = pressão interior positiva = 2 kg cm².
N = esfôrço longitudinal circunferencial (N é positivo no caso da tracção).
T = esfôrço transverso na espessura da parede.
e = espessura da virola elíptica.
a = semi-eixo maior da elipse = 925 mm.
b = semi-eixo menor da elipse = 500 mm.
i_{AA} = raio de inércia da elipse média da parede em relação ao eixo menor.
i_{BB} = raio de inércia da elipse média da parede em relação ao eixo menor.
t = tensão máxima admitida no metal = 8 kg mm².

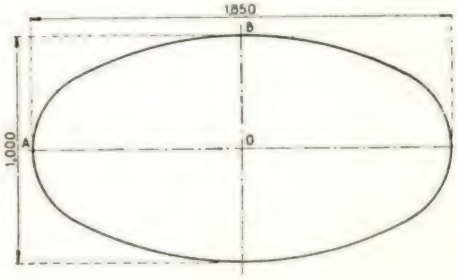
I — Método de Lorenz

Os cálculos mostram que é o ponto A o mais fortemente solicitado. A espessura neste ponto é dada pela fórmula:

$$e = \frac{N_A \pm \sqrt{N_A^2 + 4 \cdot t \cdot 6\, M_A}}{2t}$$

Se se admitir uma tensão de 8 kg/mm² em A, esta fórmula dá:

$$e = 52 \text{ mm.}$$



II — Método baseado na teoria das peças curvas

A sua aplicação às virolas elípticas conduz à fórmula seguinte:

$$e = k \cdot \frac{a}{2} \cdot \sqrt{\frac{6\, p\, (2 - \theta)}{t}} + \frac{N_A}{t}$$

em que

$$k = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} \quad \text{e} \quad \theta = \frac{1 - \frac{3\,k^2}{8} - \frac{5\,k^4}{64}}{1 - \frac{k^2}{4} - \frac{3\,k^4}{64}}$$

A aplicação desta fórmula aos casos de que nos estamos ocupando dá para a espessura em A:

$$e = 52{,}8 \text{ mm.}$$

III — Método utilizando a equação de deformação nos pontos A e B

Apliquemos à linha quebrada AOB a mesma solicitação que à curva AB do quarto de elipse.

Resulta:

$$M_A = M_B - p\,\frac{b^2}{2} + p\,\frac{a^2}{2}. \qquad (1)$$

Por outro lado, a equação de deformação nos pontos A e B dá:

$$\Delta\alpha_B - \Delta\alpha_A = 0 \quad \text{ou seja} \quad \int_B^A M\, ds = 0 \qquad (2)$$

O momento M num ponto qualquer (x, y) do quarto de elipse AB é dado pela fórmula:

$$M = M_B - p\,\frac{b^2}{2} + p\,\frac{X^2}{2} + p\,\frac{Y^2}{2}.$$

A equação (2) resulta, finalmente:

$$M_A = p\frac{a^2}{2} - \frac{p}{2}\frac{I_o}{S}.$$

sendo

$$\frac{I_o}{S} = R_o^2 = \text{quadrado do raio de giração polar do quarto de elipse.}$$

A tensão máxima em A é dada por

$$t = \frac{N_A}{e} + \frac{\left(p\,a^2 - \frac{p}{2}R_o^2\right)\frac{e}{2}}{\frac{e^3}{12}}.$$

Daqui deduz-se e, que nêste caso particular valerá

$$e = 51{,}9 \text{ mm.}$$

Observações:

1.º — Admitimos na chapa uma tensão máxima de 8 kg/mm² no ponto A, correspondendo à pressão de serviço de 2 kg/cm².

Com efeito, não pode admitir-se uma tensão superior se se considerar que a soldadura se encontra precisamente neste ponto que é o mais solicitado.

2.º — Nos cálculos, não entrámos em linha de conta com o refôrço constituído pelos dois fundos, visto que a sua influência decresce ràpidamente para o meio do comprimento da virola.

Conclusões:

As espessuras encontradas parecem extraordinárias e poder-se-ia preguntar se as tensões calculadas correspondem à realidade. Com efeito, os fundos arqueados, cujas secções são semelhantes às das virolas elípticas não exigem espessuras tão fortes.

Acontece o mesmo com os fundos chatos; se se calcular a espessura dos fundos chatos cujo diâmetro é igual ao eixo das virolas elípticas citadas atrás, e aplicando a fórmula do Regulamento das caldeiras a vapor:

$$e = 0{,}06 \,.\, L \,.\, \sqrt{\frac{p}{t}},$$

resulta:

$$e_1 = 0{,}06 \times 1850 \times \sqrt{\frac{2}{35}} = 27 \text{ mm}$$

$$e_2 = 0{,}06 \times 800 \times \sqrt{\frac{6}{35}} = 20 \text{ mm}$$

enquanto que os valores encontrados para as virolas elípticas eram respectivamente de 52 e de 43 mm.

No entanto, esta anomalia aparente explica-se fàcilmente se se notar que os fundos chatos e arqueados são encastrados no seu contôrno.

Não podem pois deformar-se senão por um descolamento do metal em zonas relativamente importante. Não sucede o mesmo com as virolas elípticas que, sujeitas a uma pressão interior, sofrem uma «mise au rond», sem que o perímetro da sua secção deva ser modificado, portanto sem descolamento de metal.

Sabe-se ainda que os reservatórios de virolas cilíndricas podem sofrer durante uma prova hidráulica uma «mise au rond» que se efectua a pressões bastante inferiores à de segurança.

Ora, neste caso, a diferença entre dois diâmetros perpendiculares não ultrapassa as imperfeições da cintagem e da montagem dos bordos rectos dos fundos, ou seja a espessura da chapa.

Não há pois nada de extraordinário em que uma virola elíptica destinada a permanecer rígida exija uma espessura muito forte para uma pressão fraca.

Chamemos pois a atenção dos construtores para o *perigo de utilização dos reservatórios de virolas elípticas, no caso destas serem destinadas a receber uma pressão interior*, por mais fraca que esta seja.

(Em. Pierre, ing. civil des mines A. I. Lg., Directeur de l'Apragaz — «L'ossature metalliqae»)

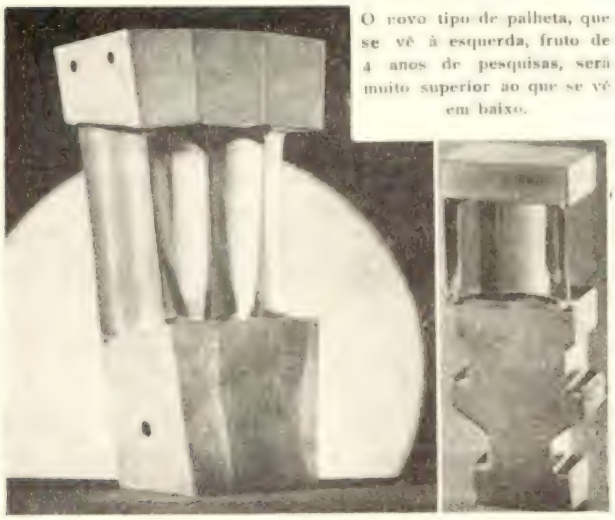
Nova palheta para turbinas, fruto de quatro anos de investigação

A seguinte informação passou quási despercebida entre as notícias técnicas de 1943: «Os estudos sôbre palhetas impulsoras para turbinas, iniciados há quatro anos pelos engenheiros de Westinghouse, acabam de ser coroados de êxito.» Em tão poucas e simples palavras, resumia-se um belo episódio do drama de engenharia, a que não faltará repercussão nas actividades que aí vêm, dos tempos de paz.

Há cêrca de dez anos, começou-se a aumentar cada vez mais a potência das turbinas extra-rápidas a vapor (3600 r.p.m.) destinadas a associar-se aos grupos geradores existentes nas centrais de energia. A potência máxima dêsse tipo de turbinas elevou-se em três anos de 15.000 a 50.000 kw. Atingidas estas cifras, os engenheiros especialistas tiveram que enfrentar novos problemas. A técnica contemporânea não permitia dar a resistência necessária às palhetas impulsoras. As regras de construção preestabelecidas já não podiam ser aplicadas às novas condições de maior temperatura, pressão e vibração.

Iniciou-se então um longo e laborioso programa de estudos teóricos e de laboratório. Construiu-se especialmente uma turbina experimental, e imaginou-se um singular dispositivo para fotografar o comportamento da palheta enquanto a turbina está em funcionamento. Durante os quatro anos de estudos, experimentaram-se consecutivamente diversos tipos de palhetas, submetendo-as a grande variedade de temperaturas, cargas e velocidades.

Essa acumulação enorme de dados técnicos possibilitou planejar uma palheta impulsora excepcional, embora muito simples. O fuste que a prende ao rotor da turbina tem a forma de um U invertido. As palhetas são ligadas em grupos de três, mediante solda forte,



O novo tipo de palheta, que se vê à esquerda, fruto de 4 anos de pesquisas, será muito superior ao que se vê em baixo.

formando um segmento único, e cada um dêsses segmentos é prêso ao rotor com pinos transversais (que se não vêem na gravura abaixo).

Para apreciar as vantagens desta nova palheta, basta compará-la com as precedentes. Suas dimensões são menores que as das antigas : 38 mm., em vez de 50 mm. Por outro lado, ao passo que as palhetas primitivas começavam a falhar na turbina antes de decorridas 20 horas, a nova palheta satisfaz à prova de duração de 1000 horas, sem apresentar sinais de fraqueza; e a experiência demonstra que as palhetas, suscetíveis de falhar, se avariam em relativamente poucas horas. Os engenheiros especializados no assunto, munidos de copiosa informação técnica sôbre as palhetas impulsoras, acham-se em situação de abrir novos horizontes para a construção de turbinas, logo que as grandes centrais de energia as reclamem... e possam obter grupos geradores de alta velocidade, maiores e mais possantes.

(Do *Engenheiro Westinghouse*, N.° 1 — Ano 1)

Novo fusível para maiores voltagens

Estudou-se um novo modêlo de fusível para interromper circuitos de até 138 kV, e no qual se aproveitam alguns dos traços clássicos do fusível de ácido bórico. A capacidade interruptora dêstes fusíveis de alta voltagem, cujo comprimento chega a cento e oitenta centímetros nos de 138 kV, é de quási 1.000.000 kW. A tensão máxima a que podiam chegar os fusíveis de ácido bórico era de 34,5 kV, com um desenho em que se empregava, num tubo de porcelana, um elemento interruptor substituível, inaplicável a maiores voltagens por motivos de pêso e tamanho. No novo fusível modificou-se o desenho, de modo a só ser preciso o equivalente do dito elemento interruptor, snbstituível. Isso torna mais custosa a construção do mesmo elemento, que vem a ser o fusível completo;

Êste novo tipo de fusível, para tensão de 115 kV, é semelhante ao de 180 cm, cuja capacidade interruptora é de 1.000.000 kW.

há, sem embargo, justificação económica, pois a soma do custo de aquisição e do de conservação do antigo elemento substituível corresponde ao preço em que importa o novo traçado, para a duração normal que é lícito esperar de um fusível de alta voltagem. No novo desenho, o tubo é de Micarta, em vez de porcelana. O socket foi substituído por um contacto de fricção, e dentro dêste contacto acha-se a mola de disparo. Quando se ensaiou o novo fusível, verificou-se que a interrupção de altas voltagens origina um fenómeno de voltagem induzida, que pode dar lugar a descargas eléctricas pelo exterior do tubo isolado. Para estas voltagens, não cabe a solução de aumentar o comprimento do fusível, construindo-se então o tubo dêste de modo que distribua gradualmente a tensão de interrupção por meio de láminas interpostas, o que proporciona um efeito de capacidade eléctrica, dividida ao longo do tubo, semelhante ao que se consegue no casquilho de um condensador. Esta capacidade repartida faz com que o isolamento possa suportar as elevações bruscas de voltagem que a interrupção traz consigo. Encontram-se disponíveis os fusíveis a que nos referimos, para voltagens de 7,5 a 138 kV. Quando são empregados para ligar à rêde geral os circuitos de abastecimento ou de instalações utilizadoras da corrente eléctrica, aumentam a segurança de todo o sistema, graças ao isolamento das falhas. O fusível é construído de maneira que, ao interromper-se a corrente, se desprende do circuito, evitada a possibilidade de derivações que originem descargas eléctricas, com as respectivas conseqüências.

(Do *Engenheiro Westinghouse*, N.° 1 — Ano 1)

Os transformadores diminuem de tamanho

Os transformadores também seguem a mesma tendência geral para diminuição do tamanho e do pêso que se observa nos aparelhos eléctricos. Há uma nova série, com potências de 25 a 138 kw., que parecem anões, ao lado de seus antecessores. Um exemplo característico é o do transformador indicado na gravura. Com uma potência de 69 kw., suas dimensões não excedem a êrça parte da altura e a quinta parte do volume dos primitivos, e a sua base apenas ocupa um têrço da área que aqueles ocupavam. Estas reduções de tamanho foram possíveis devido ao emprêgo do aço Hipersil, e à adoção de um novo tipo de terminais que utilizam

Os novos transformadores empregam apenas a oitava parte de óleo que os seus antecessores consumiam, pesando menos de metade dêstes.

um condutor altamente isolado, através de um alojamento protegido contra a intempérie. A melhor coordenação do isolamento e as caraterísticas do traçado, que permitem o emprêgo, em grandes proporções, de materiais não metálicos, nas peças estruturais e de suporte, representam outros tantos aperfeiçoamentos não menos importantes.

(Do *Engenheiro Westinghouse*, Ano 1 — N.° 1)

A eliminação do ferro da água

A água dos poços contém, geralmente, minerais em dissolução que causam a sua dureza. Muitas destas águas contêm ferro e, por vezes, manganésio, provocando ambos estes elementos manchas nas instalações sanitárias e nos tecidos durante a lavagem. O eng. H. A. Spafford, do Departamento de Saúde Pública do estado de Illinois, publicou, no boletim «Over the Spillawy», do mencionado Departamento, um estudo sôbre o tratamento dessas águas pelos zeolitos, que aqui resumimos.

Êsse tratamento para a eliminação do ferro baseia-se no facto de que o ferro em dissolução tem uma afinidade com a água, por causa do seu oxigénio e, quando esta tendência é satisfeita, todo o ferro fica virtualmente convertido em pequenas partículas, que podem ser eliminadas por decantação e filtração. O aparelho usado consiste habitualmente num ventilador seguido duma câmara decantadora e de filtros de areia.

Algumas águas, acrescenta o eng. Spafford, podem conter em dissolução matérias orgânicas e manganésio, que dificultam a precipitação do ferro Neste caso, pode ser necessária a adição de pequenas quantidades de cal ou algum outro álcali, imediatamente depois da ventilação.

A eliminação do ferro pode também ser efectuada pelos zeolitos, mas, para isso, o ferro deve encontrar-se num estado de completa dissolução e a água deve ser descarregada directamente nos zeolitos, pela bomba, por meio dum sistema fechado de tubagem, sem ser exposta ao ar. Doutro modo parte do ferro oxidar-se-ia, indo depois as partículas insolúveis obstruir os zeolitos.

Nalguns casos, o simples percurso da água durante umas centenas de metros de tubagem, pode ser já exposição suficiente para retardar os resultados.

(La Ingenieria)

A bomba atómica e o betão

Das numerosas notícias aparecidas a propósito dos efeitos do infernal invento recentemante posto em prática pelos norte-americanos na guerra contra o Japão, destaca-se o seguinte telegrama publicado em «La Vanguardia Espanhola», de 9 de Agôsto:

Todo sinal de vida, extinto

LONDRES, 8 — Uma emissão de Rádio Tokio, captada em Nova York, disse o seguinte a respeito da bomba atómica lançada sôbre Hiroshima: «Todo sinal de vida ficou extinto em Hiroshima. Homens e animais, plantas e insectos pereceram abrasados pelo fogo e por efeito de horríveis ondas de ar incendiado. Torna-se impossível fazer a contagem do número de vítimas, pois os restos não podem ser identificados. A cidade deixou de existir. *Salvaram-se apenas alguns edifícios da periferia, construídos em cimento armado*».

Uma vez mais, o betão armado parece ser um elemento de esperança contra a onda de destruïção que nvade o mundo.

(Da revista *Cemento*, de Agôsto de 1945)

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

Saltos de água y presas de embalse

Tômo II, segunda edição, corrigida e aumentada, por José Luiz Gómez Navarro e José Juan Aracil, com a colaboração de Alejandro del Campo Aguilera e Fernando Reig Vilaplana.

Um volume de 25 × 17, com 1.142 páginas e mais de mil figuras Madrid, 1945. Preço, 150 pesetas.

Os dois volumes desta obra, inicialmente preparada para servir de guia a alunos da cadeira de Hidráulica Aplicada da Escola de Caminos Canales y Puertos, apresentam, nesta segunda adição, os assuntos tratados com um desenvolvimento tal que passaram a constituir uma publicação de consulta indispensável dos engenheiros especializados em matéria de aproveitamentos hidráulicos.

Neste momento, em que, em Portugal, se está a pôr em andamento efectivo o grande plano de eletrificação, torna-se necessária a formação dequeles engenheiros especializados e por isso veio a nova edição desta obra concorrer para o duplo fim da preparação dos alunos e da especialização dos engenheiros.

Destina-se êste segundo volume ao estudo de todos os tipos de barragens, matéria onde o progresso da técnica construtiva tem influido bastante, o que obrigou a refundi-lo e aumentá-lo consideràvelmente, apresentando agora um aspecto inteiramente novo.

Começa por uma lista de barragens de todo o mundo, com altura superior a 30m, onde são mencionadas também, as barragens construídas e em construção em Portugal, para fins hidroagrícolas e hidroeléctricos.

As barragens de terra são estudadas de acôrdo com a técnica mais moderna adoptada na construção das grandes barragens americanas, seguindo-se o estudo das de enrocamento, onde se faz referência às em construção, em Portugal, no vale do Sado.

O estudo das barragens gravidade é feito nos moldes habituais, pois a técnica não tem sofrido grandes progressos nesse campo, mas o das barragens abóbada, espessa e pura, é apresentado de acôrdo com as tendências construtivas mais modernas, nos Estados Unidos e em França, tendências que estão, também, a ser seguidas, em Portugal, relativamente aos projectos das barragens que fazem parte do plano de electrificação nacional.

As barragens de abóbadas múltiplas e as de contrafortes, são tratadas também com desenvolvimento, seguindo-se o estudo das obras acessórias: evacuadores de cheias, descargas de fundo e tomadas de água, onde são descritos todos os tipos de comportas e válvulas.

Os efeitos da temperatura e da prêsa do betão e também o das subpressões são tratados com base nos conhecimentos mais modernos sôbre essas matérias.

Os materiais para a construção das barragens de terra e o fabrico do betão para as barragens gravidade e abóbada são objecto de extensos capítulos, onde tudo é tratado de acôrdo com a moderna técnica construtiva.

Também se dedica especial atenção à recolha dos resultados relativos ao comportamento real das barragens, apresentando-se um capítulo que se ocupa da medição de deformações e da de temperatura e de tensões internas.

Quási todos os métodos de cálculo conhecidos são apresentados com pormenor e acompanhados de tabelas e ábacos para facilitar a sua aplicação.

Finalmente, destina-se um capítulo à descrição de casos de rotura de barragens, admirável lição da experiência que nos leva a meditar sôbre o caminho a seguir no futuro.

C. X.

Curvas de Regolfo

Pelo Eng.º PEDRO DE VARENNES E MENDONÇA

315 págs. — Preço 95$00

Acaba de ser enriquecida a bibliografia hidráulica portuguesa: foi posto à venda o livro «Curvas de Regolfo», do Eng.º P. de Varennes e Mendonça, professor catedrático do Instituto Superior de Agronomia.

O título do livro indica perfeitamente a sua finalidade: a determinação das curvas de regolfo. É representa na verdade um valioso estudo do fenómeno.

O autor principia por recordar as definições necessárias e as hipóteses a admitir para estabelecer a equação diferencial das curvas de regolfo (equação Belanger-Coriolis). Depois, considerando os escoamentos uniformes, analisa as mais importantes fórmulas conhecidas (que são apresentadas sob forma dimensionalmente homogénea), e conclue desta análise que pode adoptar, para qualquer escoamento dêste tipo, uma equação de forma analítica especial bastante simples e de ampla generalidade.

Esta expressão, introduzida na equação diferencial já estabelecida, permite escrever esta sob uma nova forma mais própria para a sua integração.

Segue-se uma discussão muito completa daquela equação. Os seus resultados são registados num quadro e utilizados para a classificação das curvas de regolfo em diferentes tipos que figuram, esquemàticamente representados, numa estampa a côres muito elucidativa e de fácil consulta.

Considerando novamente a equação diferencial

obtida, o trabalho continua pela exposição dos mais importantes métodos empregados para a sua integração. Expõe-se primeiramente o método geral das diferenças finitas e a «variante Manzanares» do mesmo, pois como tal é considerado pelo autor o processo dêste engenheiro português. Descrevem-se, a seguir, os outros métodos de integração: os gerais, aplicáveis ao caso de canais cilíndricos de pequeno declive e secção transversal qualquer, como o de Mononobe e o de Bakhmeteff e os especiais que só podem ser utilizados em canais satisfazendo certas condições, especificadas para cada caso. Faz-se um estudo comparativo dos dois processos gerais acima indicados concluindo-se pela maior generalidade do primeiro cujo campo de aplicação o autor estende, como contribuïção original, ao caso mais geral tratado.

Êste método de Mononobe generalizado, considerado pelo o autor o mais perfeito, é desenvolvidamente exposto no seu livro que fornece, além disso, todos os elementos (tabelas e ábacos) necessários para a sua aplicação prática a casos concretos.

O autor desta notícia felicita o Sr. Eng.º Varennes e Mendonça pelo trabalho honesto e útil que realizou.

E. R.

BIBLIOGRAFIA

W. E. Swanson — Modern Shifitter's handbook — 90$00.

John Piper — Marine Electrical Instalation — 90$00.

Van Gassbeek — Wooden Boat and Ship Building — 48$00.

Otto Lichtwitz — Indexing and spiral milling — 104$50.

Fritz Raskop — Bobinajes — 90$00.

Ackerman and Locher — Construction planning and plant — 150$00.

Dunlap — Radio's 100 men of science — 125$00.

King — Electromagnetic engineering — 210$00.

Charles Shields — Universal Machinists handbook — 65$00.

Benjamin Grahan — Storage and stability — 110$00.

Benjamin Grahan — A modern spanish-english, English-spanish technical engineering — 210$00.

R. F. Jening — Ganeral shop gas and A. C. Arc — Welding and Cutting — 35$00.

Jacob — Guia para el analisis quimico de las rocas — 45$00.

Biot — Analisis matematica en engenieria — 335$00.

Fuchs — Aerodinamica — 270$00.

André Mercier — Précis de Physique Générale — 103$50.

José O' Guillen — La Precision en la Teoria de Magnitudes y unidades Fisicas — 30$00.

J. R. de Gopegui — Horizontes de la Radio — 90$00.

José Soto Burgos — Análisis de Estructuras Continuas — 180$00.

Enrique Navasa P. — Tratado de Fisica General — 240$00.

J. Garcia Isidro — Termodinamica para Quimicos — 120$00.

José de Acosta — Trabajos del Instituto de Ciencias Naturales — 30$00.

R. Colom Virgili — Aceites y Grasas su Extracion por Disolventes y Refinacion Industrial — 264$00.

F. Lafita — Aerodinamica Aplicada — 240$00.

Clarke — Manual de análisis orgánico — Cualitativo y Cuantitativo — 144$00.

Monteil — Cours d'hydraulique théorique — 94$50.

Carpio — Problemas de homología — 120$00.

Terman — Radio engineer's handbook — 258$50.

Fernandes — Geometria das distâncias — 11$00.

Fernandes — Manual do observador meteorológico — 40$00.

Hyslop — Infinite series — 35$00.

Dubois — Novissimo compendio de calculo y construcciones — 56$00.

O' Farrel — Novíssimo compêndio de mecânica — 64$00.

O' Farrel — Cours de chimie — 62$50.

Ruffet — Compteurs a induction — 52$00.

Town — The workshop yearbook and production engineering manual — 315$00.

PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Não periódicas

Aguas de Portugal — Eng.º Luiz Acciauoli — Vol. IV e V — Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos — Ministério da Economia.

Electrical Communication — Vol. 22, N.º 3 — 1945 — Technical Journal of the International Telephone and Telegraph Corporation and Associate Companies.

A noção coeficiente de segurança no cálculo do concreto armado no estádio III — Eng.º Telemaco Van Langendonck — Ed. Associação Brasileira de Cimento Portland.

Avenida Brasil — Ed. da Perfeitura do Distrito Federal.

Mocidade Portuguesa — Ed. do S. N. I.

Periódicas

AMÉRICA

O ENGENHEIRO WESTINGHOUSE — N.os 1, 2 e 3 — Ano I — 1945.

ARGENTINA

CIENCIA Y TÉCNICA — Maio, Junho, Julho e Agôsto de 1945.

LA INGENIERIA — Abril e Maio de 1945.

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES — Abril, Maio e Junho-Julho de 1945.

BÉLGICA

L'OSSATURE METÁLLIQUE — Julho, Agôsto e Setembro 1945.

BRASIL

ENGENHARIA — Maio, Junho, Julho e Agôsto de 1945.

REVISTA DO CLUBE DE ENGENHARIA — Maio e Junho-Julho de 1945.

CHILE

REVISTA DE CAMINOS — Março-Abril de 1945.

ESPANHA

ARBOR — N.º 7 — 1945.

DYNA — Julho e Agôsto de 1945.

CEMENTO — Julho, Agôsto e Setembro de 1945.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS — Julho, Agôsto e Setembro de 1945.

INGLATERRA

CIVIL ENGINEERING — Setembro 1945.

MACHINERY LLOYD — Agôsto 1945.

PORTUGAL

A ARQUITECTURA PORTUGUESA E CERÂMICA E EDIFICAÇÃO — Maio de 1945.

ANAIS DE CLUBE MILITAR NAVAL — Março-Abril de 1945.

BOLETIM GERAL DAS COLÓNIAS — Junho e Julho de 1945.

BOLETIM DA COMISSÃO DE FISCALIZAÇÃO DAS ÁGUAS DE LISBOA — 1.º semestre de 1945 — N.º 25.

BOLETIM DA JUNTA NACIONAL DE CORTIÇA — Julho, Agôsto e Setembro de 1945.

BROTÉRIA — Julho e Agôsto-Setembro de 1945.

BOLETIM DA SOCIEDADE DE GEOGRAFIA DE LISBOA — Maio-Junho 1945

CLÍNICA, HIGIENE E HIDROLOGIA — Junho e Julho de 1945.

ENGENHARIA — Publicação dos Alunos da Faculdade de Engenharia — N.º 1 — Junho-Julho de 1945.

ESTUDOS — Fasc. 7 — 1945.

GAZETA DE MATEMÁTICA — N.º 25.

GAZETA DOS CAMINHOS DE FERRO — N.os 1382 a 1388.

GIL VICENTE — Maio-Junho e Julho-Agôsto 1945.

INDÚSTRIA PORTUGUESA — Junho e Julho de 1945.

OCIDENTE — Julho, Agôsto, Setembro e Outubro de 1945.

PORTUCALE — Maio-Agôsto 1945.

REVISTA DA ORDEM DOS ENGENHEIROS — Julho e Agôsto de 1945.

REVISTA DE ARTILHARIA — Maio, Junho e Julho-Agôsto de 1945.

REVISTA DE MEDICINA VETERINÁRIA — Abril a Junho de 1945.

SEARA NOVA — N.os 936 a 947.

O TRIPEIRO — N.os 3, 4 e 5.

SUIÇA

SUISSA TÉCNICA — Fevereiro de 1945.

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO I. S. T.

DIRECTOR: ANTÔNIO BUSTORFF.

ADMINISTRADOR: FERNANDO MANZANARES ABECASSIS.

BIBLIOTECÁRIO: FERNANDO JÂCOME DE CASTRO.

CORPO REDACTORIAL: JOÃO BARATA GALVÃO. HENRIQUE MARQES PEREIRA. EDUARDO CANSADO DE CARVALHO. JOSÉ PAIS GROMICHO. ALFREDO NOBRE DA COSTA.

Propriedade e Edição da A. E. I. S. T.

625.7

Planeo de una red caminera — *A. Airaghi.*
Ciencia y Técnica, vol. 105, n.º 517, pág. 80, (7-945).

625.724

Concordância em curva espiral — *P. Pinheiro.*
Revista do Clube de Engenharia, vol. XII, n.º 102, pág. 27, (1945).

625.84

Fórmulas de Westergaard para el diseno de los pavimentos de hormigón — *J. Bolognesi.*
Ciencia y Técnica, vol. 105, n.º 518, pág. 98, (8-945).

626.0 : 532.5

Ábacos para el cálculo de las alturas caracteristicas del escurrimento por canales de cualesquier forma — *P. Chaufour.*

Ábacos de coordenadas cartezianas.

Ciencia y Técnica, vol. 105, n.º 518, pág. 89, (8-945).

626.13 + 626.4/5

Progressos na construção de canais, eclusas e meio de elevação.
Die Bautechnik, pág. 63, (21-4-945).
Tr., in R. O. P., a. XCIII, n.º 2763, pág. 316, (1945).

627.23 (469)

Considerações acêrca de alguns problemas de assoreamento — *D. Abecassis.*
Revista da Ordem dos Engenheiros, n.º 20, pág. 402, (8-945).

627.33

Estabilidade de quebra-mares de paramentos verticais.
The Dock and Harbour Authority, (9-944).
Tr. in R. O. P. a. XCIII, n.º 2763, pág. 312, (1945).

627.824.7

Presas de contrafuertes — *M. Mendia e J. Casado.*

Exemplo de cálculo de uma barragem por uma teoria derivada da de Pigeaud.

R. O. P., a. XCIII, n.º 2763, pág. 305 e n.º 2764, pág. 366, (1945).

627.824.7

A presa de arco mais alta da América do Sul.
El Ingeniero n.ºs 60-61, (1944).
Tr., R. O. P., a. XCIII, n.º 2764, pág. 375, (1945).

66 : 535.87

El químico y el microscópio.
Dyna, ano 20.º, pág. 444, (8-945).

66.047 / .408

Empleo de la radiacion infraroja en la destilación y evaporacion — *A. Reavell.*
The Industrial Chemist, págs. 119-130, (3-944).
Tr. in Dyna, ano 20.º, n.º 7, pág. 370, (1945).

662.9

Control térmica de los hornos y de las calderas con gas.
Dyna, ano 20.º, pág. 437, (8-945).

663.632

Las resinas sintéticas en la eliminación total de las sales del agua. — *B. R. Ramon.*
Dyna, ano 20.º, n.º 7, pág. 355, (7-945).

669.16 + 621.365

Hornos eléctricos para la reducción de minerales de tierra — *M. M. de Vigo.*
Dyna, ano 20.º, pág. 417, (8-945).

674.04

Desecación de las maderas — *M. Wenrle.*

Inconvenientes da humidade e processos de secagem de madeiras.

Dyna, ano 20.º, pág. 409, (8-945).

677.4

De las fibras semi sintéticas a las completamente sintéticas.
Dyna, ano 20.º, págs. 318 e 434, (8-945).

690.031

Valuacion de estrnturas — *J. E. Primiani.*

Vida provável e amortização de estruturas.
Normas para avaliação.
Ciencia y Técnica, vol. 104, n.º 515, pág. 414, (5-945).

Publicam secções de Bibliografia Técnica as seguintes revistas recebidas na redacção da «Técnica».

Ciencia y Técnica, Revista de Obras Públicas, Dyna, Cemento y hormigon, Revista da Ordem dos Eugenheiros, Revista do Clube de Engenharia.

526.9 (469)

Os levantamentos topográficos para efeitos de urbanização a cargo da Comissão de Fiscalização dos Levantamentos Topográficos Urbanos — *R. Couvreur.*

Revista da Ordem dos Engenheiros, n.º 20, pág. 382, (8-945).

539.152

Neutrones y positrones — *E. Galloni.*

A hipótese de existência de partículas de carga nula e massa sensìvelmente igual à dos protrões. Métodos de determinação das constantes físicas destas partículas. Os positrões.

Ciencia y Tecnica, vol. 105, n.º 517, (7-945), n.º 518, (8-945).

539.219.2

Distribución de tensiones al redor de una discontinuidad elíptica en un sistema bidimensional cualquiera, uniforme y axial, de tensiones — *A. J. Durelli, W. M. Murray.*

Ciencia y Técnica, vol. 104, n.º 515, pág. 357, (5-945).

539.219.2

Determinación de tensiones en las bordes libres por médio de isostáticas. — *A. J. Dupelli.*

O método das «stress-coat» para determinação das isostáticas, com introdução teórica.

Ciencia y Técnica, vol. 105, n.º 517, pág. 25, (7-945).

55.08 : 627

Estudio geológico para proyectar un dique de embalse, sobre el Rio del Valle, en Las Piriquitas, provincia de Catamarca — *A. Caravotti e E. Dognino.*

Ciencia y Técnica, vol. 104, n.º 515, pág. 388, (5-945).

620.178.1

Ensayos de dureza — *J. Apraiz.*

Dyna, ano 20.º, pág. 422, (8-945).

621.13

Las grandes locomotoras modernas (Diesel-eléctrica e Gas-eléctrica) — *E. Mallol.*

Características duma locomotiva accionada por turbina de gás.

Ciencia y Técnica, vol. 105, n.º 517, pág. 41, (7-945).

621.311.21 (419)

Aproveitamento hidro-eléctrico dos nossos rios — *C. Xerez.*

R. Ordem dos Engenheiros, n.º 19, pág. 326, (7-945).

621.311.22

As futuras centrais de vapor — *J. H. Harris.*

The Journal of the Institution of Electrical Engineers.

Tr. Revista da Ordem dos Engenheiros, n.º 20 pág. 429, (8-945).

621.365

Desarrollo de un nuevo horno de induccion de baja frecuencia y grand capacidad, para la fusion, de aleaciones de aluminio — *G. Hennicke e P. Schneider.*

Metallwirtschaft, ano 23.º, pág. 91, (1944).

Tr. in Dyna, ano 20.º, n.º 6-7, pág. 315-370, (1945).

621.58

La fabricación de hielo transparente con água dulce e con agua de la mar, a base de la evaporación directa del agente frigorífico — *F. E. Drexel.*

Dyna, ano 20.º, pág. 429, (8-945).

624.012.404

Verificación de tensiones por manipulo de los pilotes premoldadeados de hormigón armado — *O. Rimaldi.*

Esforços produzidos em estacas durante o transporte.

Ciencia y Técnica, vol. 105, n.º 518, pág. 154, (8 945).

624.131

Notas sobre Mecanica dos solos — *J. Salas.*

R. O. P., a. XCIII, n.ºs 2764-2765, pág. 341 e 400, (1945).

624.2.022

Puente carretero sobre el arroyo Leyes cerca de Santa Fé — *W. Manslau.*

La Ingenieria, pág. 176, (3-945).

625.282

Particularidades de la construccion de locomotoras — *A. Massanet.*

Tolerâncias admissíveis nos elementos principais.

Dyna, ano 20.º, n.º 6, págs. 308 e 314, e n.º 7, págs. 360 e 369, (1945).

O Problema da Implantação das Obras de Abrigo dos Portos

Com o título acima o Engenheiro Carlos Krus Abecasis iniciou no último número da «Técnica» a publicação dum artigo, cuja continuação só poderemos inserir no próximo mês de Dezembro. Impõe-se, no entanto, desde já uma rectificação indispensável.

Devido a um lamentável lapso de imprensa foi omitido um parágrafo completo do citado artigo, de interêsse fundamental. Nêle o autor notava bem explìcitamente, que o trabalho iniciado era uma apresentação e generalização dum método já exposto num artigo da Revista de Obras Públicas, de 1 de Janeiro de 1941, pelo seu autor, Engenheiro Ramón Iribarren Cavanilles, de que justamente o trecho publicado era parcialmente uma transcrição quási textual.

Do facto, absolutamente inexplicável, pedimos pùblicamente as nossas desculpas ao autor, antigo Director da revista, pelos danos que lhe possa ter causado uma omissão de tão grave natureza.

A Direcção da «Técnica»